《中国航天腾飞之路》编委会

《中国航天腾飞之路》编辑部

1960 年 5 月毛泽东在上海基地参观探空火箭



1966 年 6 月
周恩来视察酒泉
火箭发射基地



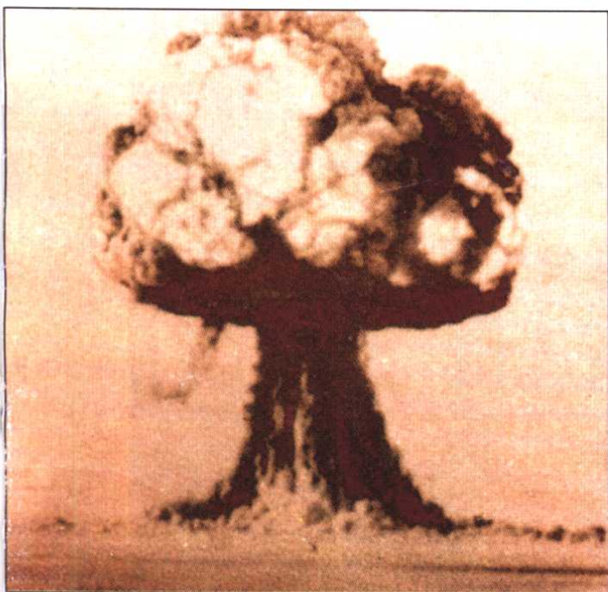
1991 年 2 月邓小平等在上海航天局参观火箭与卫星

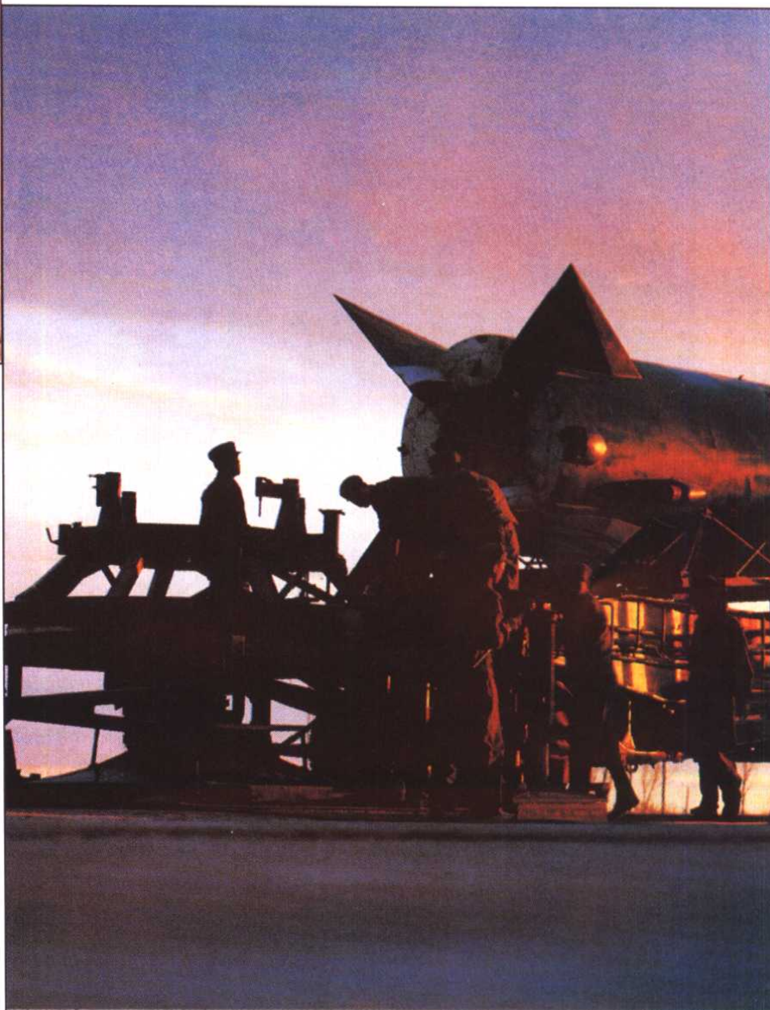


1989 年 9 月江泽民、杨尚昆、李鹏、刘华清视察中国运载火箭技术研究院



1964年6月29日我国自行研制设计的中近程导弹飞行试验成功





1966年10月27日，在我国本土上首次成功进行导弹核武器试验



1966年10月27日，聂荣臻在导弹核武器试验成功后同参试人员合影留念



1980年6月10日，在人民大会堂隆重举行“庆祝我国向太平洋发射运载火箭成功大会”

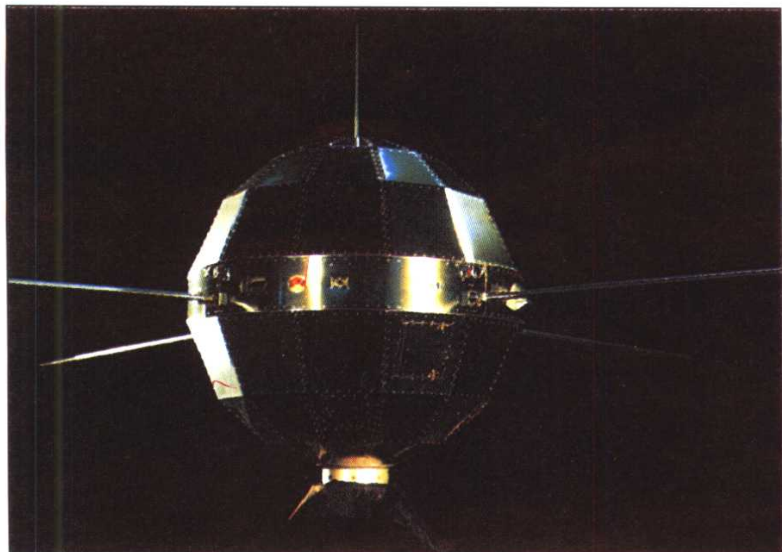
1982年10月12日，我国固体潜地导弹首次发射试验成功

海防导弹

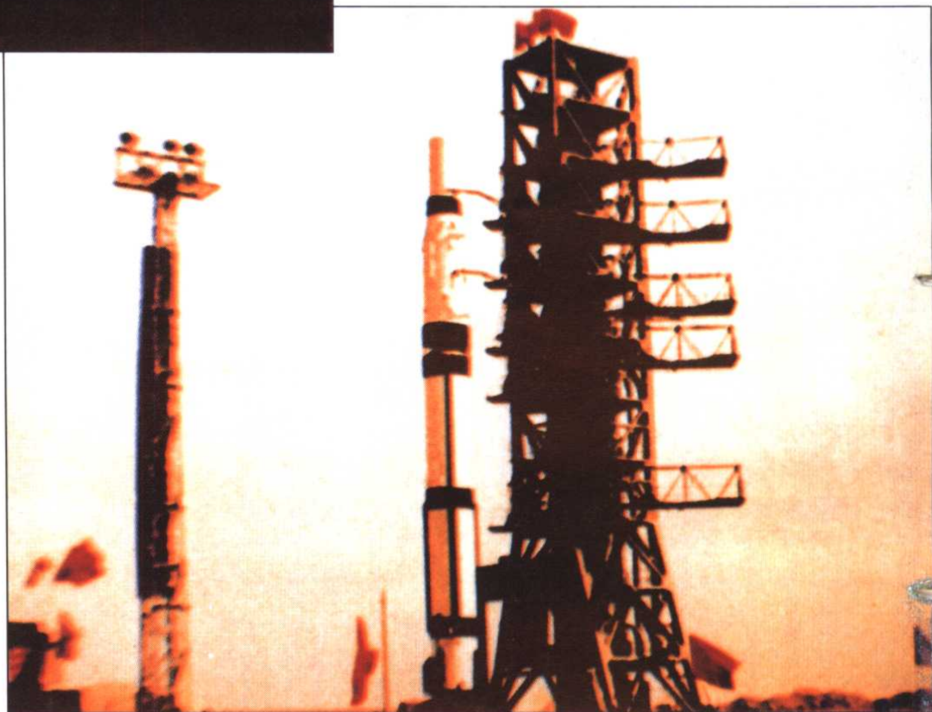


防空导弹





1970年4月24日，长征一号运载火箭成功发射我国第一颗人造卫星东方红一号上天

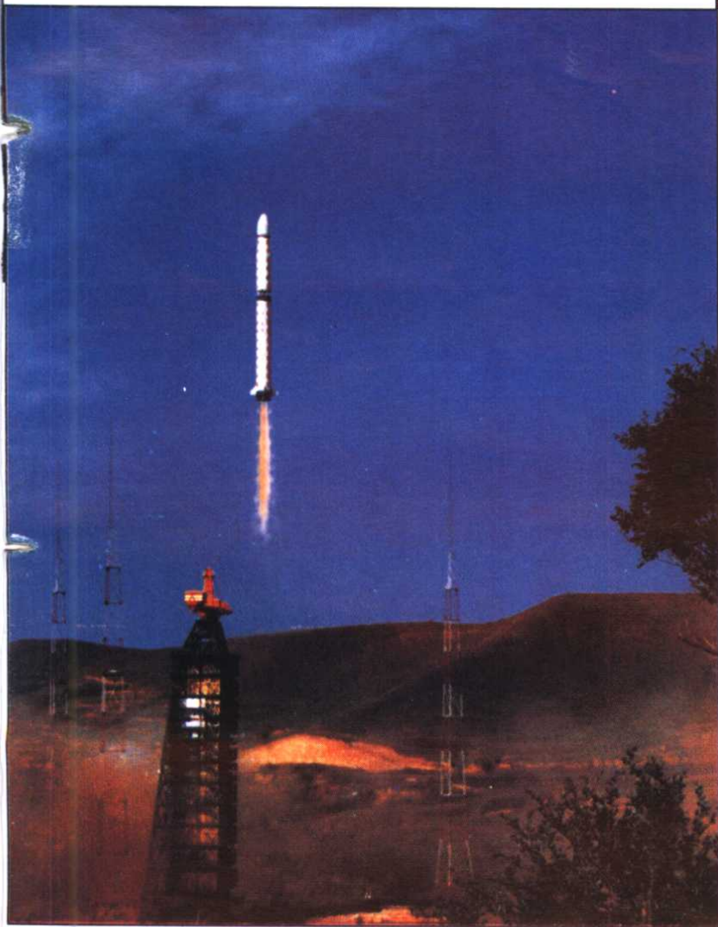




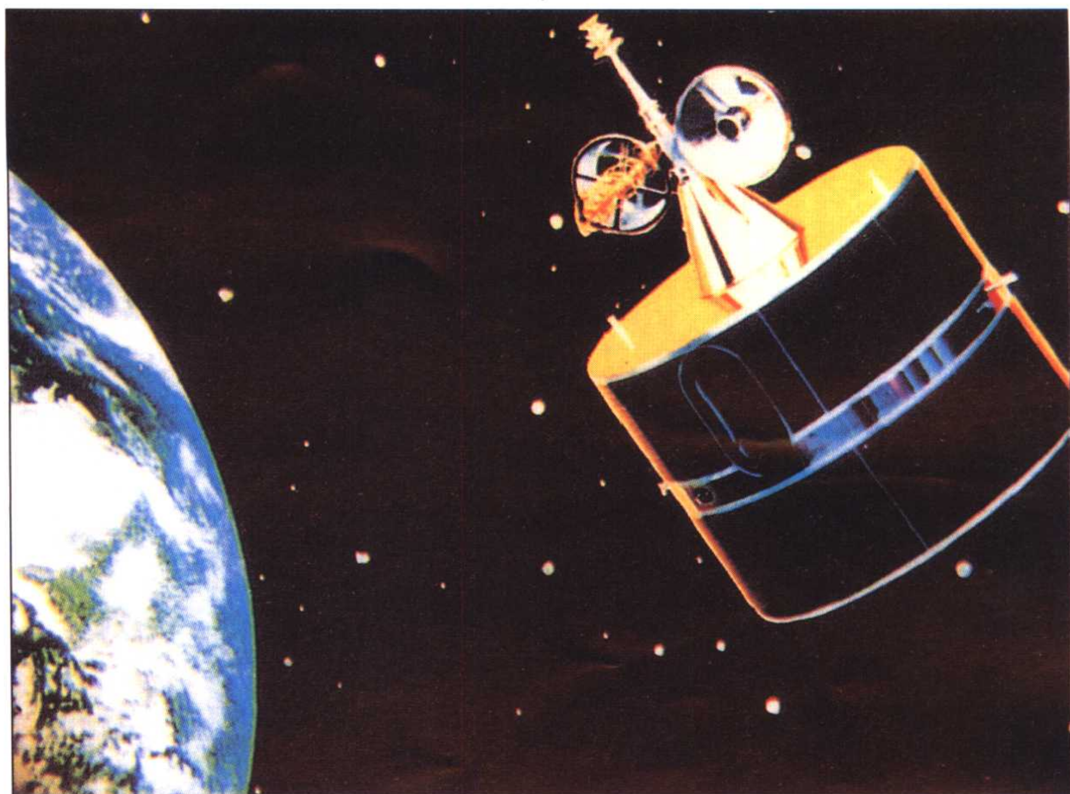
1984年9月12日，长征二号丙运载火箭成功地把一颗返回式遥感卫星送入预定轨道并安全返回地面

1984年4月8日，长征三号运载火箭在西昌卫星发射中心成功发射第一颗试验通信卫星

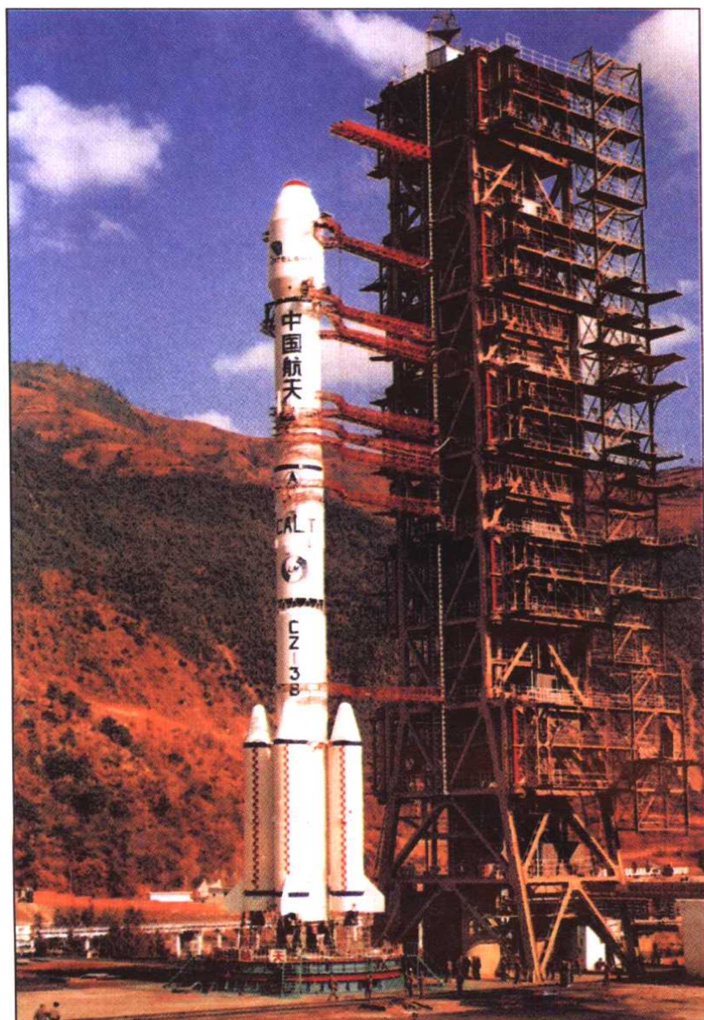




1988年9月7日，长征四号运载火箭在太原卫星发射中心首次发射第一颗太阳同步轨道气象卫星风云一号成功



风云二号气象卫星上天遨游



最新研制的长征三号乙运载火箭整装待飞

1990年4月7日，长征三号运载火箭成功发射美国休斯公司制造的亚洲一号通信卫星。这是中国首次为外国用户发射通信卫星





1990年7月16日，长征二号捆绑式火箭首飞试验成功，并把一颗模拟星和一颗巴基斯坦卫星送入预定轨道



1984年3月，航天工业部张钧部长率团访问德意志联邦共和国并签署合作协议



1994年2月19日，在中国大饭店举行了中国航天工业总公司发展国际合作信息发布会



1995年3月，中美两国政府签署商业发射服务协议备忘录



毛泽东接见火箭专家钱学森



任新民(左四)、屠守锷(左二)、黄纬禄(左一)、梁守槃(左三)四位老总合影







全国劳动模范、优秀共产党员罗健夫(上左)、优秀共产党员杨敏达(中)、全国五一劳动奖章获得者王振华(上右)



在《中国航天腾飞之路》编审期间，全国政协文史资料委员会参观考察中国运载火箭技术研究院

前　言

我国改革开放和现代化建设的总设计师邓小平同志曾经指出："如果 60 年代以来中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。这些东西反映一个民族的能力，也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。"新中国建立以后，在毛泽东主席、党中央的决策和领导下，从 50 年代中期开始发展以原子弹和导弹为重点的核技术和航天技术，迅速改变了我国在尖端科学技术上的落后状况。我国航天科技工业的崛起和腾飞，不仅增强了国防实力和综合国力，推动了国防现代化建设和国民经济的发展，而且在国际上赢得了一席地位，使过去长期受人欺侮的中国屹立于世界民族之林。

我国航天经历了 43 年的风雨历程，大致可分为四个发展阶段：第一个阶段是从导弹仿制到自行设计完成，自 1956 年 10 月国防部五院成立到 1964 年 6 月东风二号地地导弹发射成功，为航天事业奠定了良好基础；第二阶段为初步建立航天工业体系到空间技术有所突破，自 1965 年七机部成立到 1975 年发射成功第一颗返回式卫星，航天展现广阔的应用领域；第三阶段为实施"三抓"任务到航天技术全面发展，自 1976 年恢复整顿到 1984 年静止轨道通信卫星发射成功，中国航天技术跻身于世界先进行列；第四个阶段为实行军民结合，走向世界，自 1985 年宣布承揽对外发射服务，航天技术在改革开放中进入国民经济主战场，参与国际市场竞争。

43年来,我国在征服太空的宏伟事业中开辟了一条航天腾飞之路,取得举世瞩目的辉煌成就。

我国航天事业辉煌成就之一,是拥有了各种对付敌人侵略的导弹武器,用航天技术筑起了钢铁屏障。我国先进的航天技术,同世界航天大国一样,是首先从研制导弹发展起来的。1956年,在著名火箭专家钱学森的主持下,集中了30多名专家和100多名大学毕业生,组织起一支热血沸腾、朝气蓬勃的研制队伍,并在十分简陋的条件下,艰苦奋斗,自力更生,开始向航天科技高峰攀登。在争取到苏联的有限援助之后,广大科技人员通过仿制P—2(即1059或东风一号)导弹,发愤图强,刻苦攻关,学习到自行设计的本领。1960年,在苏联专家撤走之后,我国仿制的近程导弹从祖国大地上升起,标志我国军事装备史上的一个重要转折点。我国自行设计的东风二号中近程地地导弹,经过首飞失败,吸取教训,攻克难关,于1964年6月29日发射成功,从此我国的导弹和运载火箭走上独立研制的道路。60年代中期以后,在钱学森、任新民、屠守锷、黄纬禄、梁守槃等老一代专家的带领下,经过广大科技人员、工人和干部的奋发努力,我国导弹武器的研制捷报频传。1966年导弹核武器发射试验成功,1970年中程和中远程导弹相继完成飞行试验,1971年远程导弹飞行试验基本成功。最令世界震惊的是,80年代伊始,我国远程导弹的全程飞行试验和潜艇水下发射新型导弹相继获得成功,从而拥有了有效的核反击手段和能力。与此同时,各种战术导弹也取得重大进展,在防空导弹方面形成了能对付不同空域目标、具有不同发射方式的地空导弹武器系统;在海防导弹方面具备了抗登陆、封锁重要海域和近海作战能力。神剑扬威,雕弓满月,长缨待缚苍龙,我国研制的各类导弹装备成为保卫和巩固国防的一支重要力量。

我国航天事业辉煌成就之二,是研制成功多姿多彩的太空天梯,发射各种卫星造福于民,航天技术跃居世界先进行列。1958年

毛泽东主席发出了“我们也要搞人造卫星”的伟大号召，从此航天科技人员不畏艰苦，勇于攀登，踏上了征服太空之路。1970年4月24日，我国自行研制的第一种运载火箭长征一号将第一颗人造卫星东方红一号送上太空，在空间技术领域实现零的突破，开创了中国航天的新纪元。我国不仅成为世界上第五个独立研制和发射人造卫星的国家，而且发射的第一颗卫星的重量超过苏、美、法、日四国第一颗卫星重量的总和，表明我国的航天技术一开始就达到了较高水平。随后的28年时间里，经历多次挫折和失利，我国航天不断创造了辉煌的纪录。1975年以来发射17颗返回式卫星，其中16颗按计划返回地面，我国成为世界上第三个掌握卫星回收技术的国家；1981年我国用一枚火箭发射3颗科学探测卫星，成为世界上第四个掌握一箭多星发射技术的国家；1984年以来用新型长征三号运载火箭连续6次成功发射国产东方红二号和东方红二号甲通信卫星，我国成为世界上第三个掌握低温高能氢氧发动机技术和独立发射地球同步静止轨道卫星的国家；1988年以后，我国用长征四号运载火箭成功地发射两颗风云一号气象卫星，成为世界上第三个独立研制和成功发射太阳同步轨道卫星的国家；1990年以后，我国又先后研制和发射大推力的长征二号E和长征三号乙捆绑式火箭，能够分别把3.6吨和5吨的有效载荷送上地球同步静止轨道，具备了发射重型卫星的能力。这两种运载火箭以其巍巍雄姿屹立于世界大型火箭之列。我国已经拥有9种型号的长征系列运载火箭，覆盖了近地轨道、太阳同步轨道和地球静止轨道的所有轨道范围，发射成功40颗不同类型的国产人造卫星。其中16颗成功回收返回式卫星所获得的遥感资料，对国土普查、大地测量、地震预报、矿产资源勘探、农林水利开发等都发挥了重要作用；成功发射的东方红二号和东方红三号通信卫星，在太空架起飞虹，转播广播电视节目，开通远距离通信，发展电视教育，改变了我国边远地区通信落后的状况，为通信、广播、数据转输和电视教育等开

辟了广阔道路；发射成功的风云一号和风云二号气象卫星，高挂天穹，纵览风云，追踪天候，为气象预报、环境监测、防灾减灾提供了先进手段，使我国气象事业现代化上了一个新台阶。我国航天技术已经跨入世界先进行列，同时在国民经济中越来越显现出重要的作用。

我国航天事业辉煌成就之三，是它跨出国门，走向世界，进入了国际发射服务市场。1990 年 4 月 7 日，我国长征三号运载火箭首闯国际市场，在西昌卫星发射中心发射美国制造的亚洲一号通信卫星一举成功，以无可争辩的实力迈出了对外发射服务的第一步。为了在进军世界的竞争中立于不败之地，我国立即着手研制更大推力的长征二号 E 和长征三号乙大推力运载火箭。长征二号 E 火箭首先在发射两颗美制澳大利亚通信卫星中，崭露头角，圆满完成发射澳星的合同，随后又经过 1995 年 1 月发射美制亚太二号通信卫星失利和同年底连续发射美制亚洲二号和艾科斯达一号通信卫星成功的考验，“长二捆”火箭更加成熟和可靠，在世界商业发射市场赢得信誉；长征三号乙火箭在经历 1996 年 2 月首飞失败之后，1997 年以来连续四次发射外星获得成功，从而使它进入世界大型火箭的行列。根据与美国摩托罗拉公司发射“铱”移动通信卫星的合同，为适应发射低轨道小型卫星的要求，在长征二号丙火箭的基础上，增加卫星分配器，于 1997 年 9 月 1 日研制发射成功长征二号丙改进型运载火箭，随后以一箭双星的方式 5 次把 10 颗铱星送入预定轨道，显示了长征火箭具有高度可靠的性能。截止 1998 年底，我国长征系列火箭已有 23 次发射外星的记录，成功地将 23 颗外星送上太空运行，我国长征系列火箭已能承揽各种轨道、各种重量、各种用途的外星发射服务，打开了通向世界的大门。它作为国际商业发射的一种有益补充，在国际航天市场享有良好的信誉，改变了世界航天发展的格局。中国航天的飞跃发展，充分反映了中华民族的智慧和能力，体现了社会主义制度优越性。它的

崛起和腾飞成为我国社会主义现代化建设事业兴旺发达的一个生动缩影。

这部《中国航天腾飞之路》，用中国航天创业者和建设者的亲身经历，向人们展现出一幅中国航天发展的壮丽画卷，它是中国航天从无到有，从小到大，从一片空白到跻身于世界先进行列发展的真实记录。在中国航天一步步跨过沟壑坎坷、走向辉煌胜利的道路上，形成了"自力更生，艰苦奋斗，大力协同，无私奉献，严谨务实，勇于攀登"的航天精神，用这种精神培育和灌注的中国航天人，为中国屹立于世界建树了伟大功绩。中国航天的辉煌成就壮国威，振民心，使中华儿女感到无比骄傲和自豪。中国航天在跨世纪的挑战中，将不断延伸这条腾飞之路，为人类做出更大的贡献。

《中国航天腾飞之路》编委会

目　　录

第一篇　创业起飞

第二篇 磨砺神剑

第三篇 飞翔太空

第四篇 走向世界

第五篇 航天精英

附录

第一篇

创业起飞

综　述

当人们从国庆阅兵队列中看到多种国产导弹的威武雄姿，从电视屏幕上目击我国人造卫星发射的壮观景象，都会情不自禁地赞叹我国航天取得的巨大成就，感到作为一个中国人的骄傲和自豪。我们睹物思源，深切地感到是党中央、国务院、中央军委的正确领导和决策，是党和国家三代领导人高瞻远瞩，运筹帷幄，开辟了中国航天腾飞之路。

50年代中期，我国刚刚进入经济建设时期，党中央、毛泽东主席提出"向科学进军"的任务，确定以原子弹和导弹为重点，发展尖端科学技术事业，迅速赶上世界先进水平。周恩来总理亲自领导和组织，并强调指出：中国发展导弹不能等待一切条件都具备了才开始进行，而应当采取集中力量突破一点的方针。于是，在聂荣臻元帅的主持下，建立了我国的火箭导弹研制机构，组织起最初的航天科技队伍，制定了"自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有

的科学成果”的发展方针，开始攀登现代航天科技的高峰。

万事开头难。我国航天事业从仿制苏联援助的地地、地空和海防导弹起步，在我国各部门、各省市、各行业的大力协同和支援下，迅速建设火箭研制基地、基础设施和发射场区，形成初步规模。广大科技人员、工人、干部和解放军指战员艰苦奋斗，发愤图强，战胜了苏联撤走专家、中断援助的困难，利用自己的力量，突破了仿制关。1960 年 11 月 5 日我国第一枚仿制的 1059(东风一号)地地近程导弹发射成功，以及随后 543(红旗一号)防空导弹、544(上游一号)海防导弹相继仿制成功，是航天创业起飞的标志。我国火箭导弹技术从爬楼梯到学会走路，登上了独立自主研制的台阶。从此，我国航天技术不断取得新的突破和新的成绩。

党的十一届三中全会以后，党和国家的第二代和第三代领导人对航天事业同样十分重视和关怀，不仅出席航天祝捷大会，亲临航天部门视察，而且听取汇报并作指示，不断指明我国航天事业的发展方向。在新的历史时期，航天这一高科技产业被视为“第一生产力”的重要一翼，体现一个国家的综合实力，对于加强国防和推进经济建设都有着重要作用，因此受到党和国家的爱护和支持，各方面都为航天的振兴和发展创造良好的条件，我国航天出现了新的腾飞局面。

中国航天创业起飞，在航天史上已经竖起一座丰碑。

毛主席党中央关怀中国航天事业

刘有光

在国防部五院基础上发展壮大的中国航天事业，迎来了她的40岁生日。回顾中国航天所走过的道路，我从切身的经历中体会到：没有毛主席、党中央，就没有中国的航天事业。

40年来，我国航天事业从无到有，由小到大，由仿制到自行设计研制，由战术到战略，由液体到固体，由导弹到卫星，由国内到走向世界，发生了一系列可喜的重大变化，取得了举世瞩目的成就，为社会主义祖国争了光，为中国人民争了气，使我国的国际地位空前提高。中国航天事业的发展，并非一帆风顺，而是走过了艰难曲折的路程。俗话说："万事开头难。"新中国成立刚刚七年，就成立了国防部五院，致力于发展我国的国防尖端事业，这是毛主席、党中央高瞻远瞩，下了最大决心的。

那是在1956年1月25日，毛主席在最高国务会议上说："我国人民应该有一个远大的规划，要在几十年内，努力改变我国在经济上和科

学文化上的落后状况，迅速达到世界上的先进水平。”根据毛主席的指示，周恩来总理亲自主持，陈毅、李富春、聂荣臻等老帅、副总理具体组织领导了1956年到1967年的12年科学技术发展远景规划的制定。张爱萍同志当时作为主管装备计划的副总长，参与了制定战略武器发展规划的领导工作。

毛主席、党中央对科技专家的意见是十分重视的。1956年2月，钱学森同志曾经写了一个《建立我国国防航空工业的意见书》。周总理亲自主持军委会议，决定组建导弹航空科学研究方面的领导机构——航空工业委员会。两个月后，中央正式批准成立航委，由聂荣臻同志任主任，黄克诚、赵尔陆同志兼任副主任，钱学森同志是成员之一。钱学森同志还参与了12年科学规划中喷气技术组的工作。

1956年10月，国防部五院成立。毛主席批准了聂荣臻同志提出的五院建院方针，这就是："自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果。"回顾中国航天所走过的40年的道路，证明中央确定的方针是正确的。正是坚定不移地贯彻执行了这个方针，我们克服了重重困难，使中国航天事业不断地发展了、壮大了。

国防部五院成立时，是聂荣臻同志牵头主管的，他委派三人来抓，开始是在汽车上办公筹建的。后来，以空军466医院、军委124疗养院、华北军区106疗养院为基础，作为组建老五院的地址。

老五院是由国防部五局和五院合并组成的。当时五局领导是钟夫翔、林爽同志；五院领导是钱学森、白学光同志。国防部五院成立，谷景生、刘秉彦和王诤同志参与领导。1957年11月，国防部在原10个研究室的基础上，成立了两个分院，分别承担导弹总体、发动机和控制导引系统的研究工作。1957年11月军事电子科学研究院划归国防部五院，与五院的五个研究室合并组成五院二分院。我是1958年接到周总理任命的，要我到国防部五院担任政治委

员。我到老五院工作，这当中还有一段插曲。1957 年 9 月，以聂荣臻同志为团长，陈赓、宋任穷同志为副团长率领代表团到苏联谈判。后来，在莫斯科签订了苏联在火箭和航空等新技术方面援助中国的协定，就是在莫斯科，他们点了我的名，要我到新成立的国防部五院当政委，说我在哈尔滨军事工程学院有段与知识分子共事的历史，能够与知识分子合作。找我谈话时，尽管我认为搞国防尖端无尚光荣，但是心里犯嘀咕，主要是怕做不好工作。于是我说，我年老了，恐难以胜任。我当时 44 岁。我又找到宋任穷同志，他鼓励我大胆工作，并笑着说："君子一言，驷马难追了。"中央信任我，使我打消了顾虑，就横下心来干这一事业。

1958 年，聂荣臻、陈赓同志提出建议，经周恩来总理批准，将属于北京市的飞机修理厂 211 厂划归了五院一分院。211 厂这个"老母鸡"是有功的，下了好多"蛋"(弹)啊！

五院组建后，作为兵团级，下属一、二两个分院为军级，一院搞型号，二院搞控制。三、四、五院等是后来组建的。陈赓同志协助聂帅抓工作，功不可没。他当时是副总长，兼任哈尔滨军事工程学院院长，也是国防科委副主任，对科学事业很热心。他领导的哈军工源源不断地为军队和老五院培养了大批研究设计人才。当时，五院是"绿灯户"，要人给人，要物给物，要钱给钱。搞发动机试车，这笔钱就是百十万，要我这政委来批。我从未批过这么多钱啊，就去找陈赓同志请示，他指着我鼻子说："你刘有光啊，办不了大事，百十万也不敢批，你过去打仗的胆子跑到哪里去了？！既然是试验，就有成功，也有失败，就得交点学费嘛！要做大事情，必须胆子大啊！"挨了陈赓同志一顿"批"，我后来工作的胆子也变得大了起来。

中国的航天事业，是在极其困难的条件下创办的。老五院创建时，新中国已经走过了七个年头的路程。由于毛主席、党中央的重视，科学技术取得了很大的进步。但是国防尖端科学只是有些设想，基本上是个空白。

老五院组建时，人员、房屋、设备、仪器等都十分缺乏。从中央到地方，以及有关部门，都给予高度重视和大力支持，各种技术人才和先进设备不断地输送到五院。一批高水平的专家，其中有钱学森、任新民、屠守锷、蔡金涛、梁守槃、黄纬禄、庄逢甘、吴朔平、姚桐斌等同志，都集中到了老五院。这些老专家，作为中国航天的创建者和技术领路人，在各自的工作岗位上，带领广大科技人员刻苦攻关，无私奉献，他们的功劳是不可磨灭的。

我们开始是仿制苏联1059型号。1959年5月，我率领老五院设备代表团访问苏联，当时的主要任务是向他们要图纸资料和设备。那次，前后在苏联呆了4个月。中间，适遇彭德怀同志出访阿尔巴尼亚回国途经苏联，我向他汇报了谈判情况，他完全支持我对苏谈判所持的态度。经过仿制练兵，我们锻炼了队伍，不久仿制成功。正在关键时刻，苏联从我国撤走全部技术专家，彻底撕毁协定。这时，聂荣臻同志提出"一定要争口气"。他给毛主席和党中央写了报告，提出了中苏关系变化以后独立自主地发展国防尖端技术的建议，很快就得到了毛主席、周总理和党中央的批准。苏联撤走专家，迫使我们更快地在独立自主、自力更生的道路上进入科研攻关新阶段，经过广大科技人员、工人、干部的艰苦奋斗，自行设计的型号研制成功，成为我们科研史上的一个重大转折点。为此，毛主席曾风趣地说："应该给赫鲁晓夫发一个一吨重的大勋章。"

60年代初，面对着各种困难，曾有过国防尖端项目是"下马"还是"上马"的尖锐矛盾。毛主席、周总理等中央领导同志下决心坚持"上马"。陈毅同志说，脱了裤子当当，也要把我国的尖端武器搞上去。他还多次对聂荣臻同志说："我这个外交部长的腰杆现在还不太硬，你们把导弹、原子弹搞出来了，我的腰杆就硬了。"

1961年，在聂荣臻同志的主持下，制定了"科学十四条"，邓小平同志称它为"科学宪法"，经政治局通过，毛主席批准在全国贯彻实施。其中提出的研究机构的根本任务是"出成果，出人才"，要发

扬敢想、敢说、敢干的“三敢”精神，坚持工作的严肃性、严格性和严密性的“三严”精神，以及加强党对科研工作的领导等等，为国防尖端事业的发展进一步指明了方向。对于“科研十四条”，我们老五院是认真组织传达学习贯彻的，鼓舞和调动了广大科技人员的积极性。这以后，我们自行设计的型号在历经磨难中取得成功，我说："自己生的孩子，癞痢头也是好的。虽然现在慢一点，但是将来的发展一定会是快的！"

我们还不能忘记，在60年代三年困难时期，党中央和中央领导同志对国防尖端事业的特殊关怀。邓小平同志曾经在中央书记处说，五院的科技人员待遇要高些；工资要高些，生活安排要好些，并由李富春同志挂帅统一考虑解决。聂荣臻、陈毅两位老帅关心科技人员，调拨了“科技鱼”、“科技肉”、“科技豆”。我们这些政工人员都不吃，统统送给科技专家和科技人员，保证他们的身体健康，尽早拿出“争气弹”。聂帅还派陈赓同志来检查，看这些东西是否送到了科技人员手里。我向他保证：“我们政工人员如果吃一口，你开除我的党籍。”他说：“看你这个人，牛脾气又犯了。我只不过是问问嘛！送到科技人员手里，这就好。”在中央和聂荣臻同志的要求下，当时老五院的政工人员都注意与科技人员和工人广交朋友。记得，211厂13车间是我搞“四清”时的试点单位。重活精活我干不了，就打毛刺，真心地跟工人交朋友，他们就跟我说心里话。思想是活动着的，时常在起变化。不诚心交朋友，群众就不把心里话掏给你。这决不是讲一堂政治课所能替代的，真正的马列主义者必须深入实际，解决群众关切的问题。我曾为试验队当后勤保障组长，到一院去了解到楼房第四层供不上水，试验队员到靶场，家属吃水困难，于是，干脆来个“满缸”活动，组织人帮助提水，把他们家里的缸灌满。床铺坏了，帮助修；小孩入托难，帮着办。这样，前方试验队的同志就安心工作，无后顾之忧了。我们党一贯尊重、爱护、关心知识分子，特别是对于老专家，更是关怀备至。1965年我在一院211

厂搞“四清”，当工作团团长。聂荣臻同志对参加“四清”的钱学森同志非常关心。我根据他的意图，安排钱学森同志担任工作团副团长，住专家招待所，带炊事员，单开伙，还调来一个警卫班搞保卫工作。聂帅听汇报后，认为安排得很好，十分高兴。

老五院时期，中央有个“专委”，专门加强对“两弹”研究试验工作的领导。那是在 1962 年 11 月，刘少奇同志在一次中央会议上宣布的，专门委员会 15 人，周总理担任主任，陈毅、贺龙、聂荣臻、李富春、薄一波等领导同志是成员。当时，老五院各分院配备一位副院长都要经聂帅亲自批准。毛主席关于“要大力协同，做好这件工作”的重要指示，就是在“专委”成立会上传达的。“专委”成立后，每次重要的试验和存在的问题，都要开会研究，听取汇报，使国防尖端科技工作在领导方面有了进一步加强。周总理主持“专委”会议，给我留下的印象是极其深刻的。当时由周总理主持召开的“专委”会议，一个月起码一次，一般是两次。除一些老帅、副总理等领导同志出席外，像我还有一些同志经常列席会议。周总理的工作作风，正像他所提出的 16 字方针一样，是“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”。每次开会，周总理都充分地听取各方面的意见，然后做出决定，由各方去办。比如，涉及到计划问题，找李富春；要什么材料、仪器设备，找薄一波；缺少资金、要钱，找李先念等等。周总理一旦做出决定，不管是副总理也好，老帅也好，都表示坚决按总理的要求办。有时到中南海西花厅周总理办公室开会，会开完了也到了吃饭的时候，副总理、老帅一个一个地都走了，我们几个比较年轻的同志“赖”在那儿不走。总理问：你们想吃点什么啊？我们说：吃点肥肉，解解馋吧。于是，总理就请了我们几个，一碗肥肉，几个小菜。随后，总理的秘书就通知我们交粮票，因为当时国家经济困难，总理也是凭粮票吃饭的。知道了这是周总理对我们的特殊招待以后，再开会，我们几个也跟老帅、副总理一样，会议一散，马上离开。

40年来，我国航天事业取得的光辉成就，应该归功于毛主席和党中央，归功于老一辈无产阶级革命家，归功于全国人民。各行各业、各类人员都为航天事业的建设和发展做出了贡献。除了科技人员、工人同志外，还有行政的、管理的、政工的、后勤的等等。航天产品渗透着大家的心血。我们也不要忘记全国、全军的支持和援助。航天产品是社会主义大协作的产物。时值世纪之交、深化改革、扩大开放的伟大年代，中国航天正面临着良好的机遇和严峻的考验。作为一名航天老战士，我衷心祝愿航天战线上的同志们把40周年作为一个新的起点，在邓小平同志建设有中国特色的社会主义理论和党的基本路线指引下，在以江泽民同志为核心的党中央的领导下，在继承老五院优良传统的基础上，开拓创新，使中国航天事业再上台阶、更上一层楼。

作者系原国防部五院政委，原国防科工委政委

孙学中整理

毛泽东与东方红卫星

戚 发 轫

中国是火箭的故乡，中华民族是龙的传人，自古就有遨游太空的愿望。毛泽东“敢上九天揽月”的豪言展现了中国征服太空的情怀与气概。

1958 年 5 月，中国共产党八届二中全会在北京召开。会上，毛泽东同志以马克思主义理论家的雄才大略回顾过去，总结今天，规划未来。5 月 17 日下午 5 点 30 分，他发表第二次讲话。毛泽东同志面对麦克风，不时挥动他那非常富有号召力和感染力的手臂，两次提到卫星问题。他认为苏联的卫星上天是件好事，并说：“苏联人造卫星上天，我们也要搞人造卫星，我们也要搞一点。”同时还指出，要搞就搞得大一点。

“我们也要搞人造卫星”，是代表中国人民向世界立下的誓言，是中共中央发出的向空间进军的动员令。毛泽东同志的这个号召是在世界上第一颗人造地球卫星发射成功仅仅半年后发出的，表明中国人民有信心、有能力登上空间技术的舞台，表达了中华民族有独立于世界民

族之林的勇气和决心。

当时在"争上游"的形势下,人们对发射人造卫星热情很高,想得也较简单。中国的卫星怎么起步?谁心里也没有个数。在这关键的时刻,邓小平同志分析了国内经济、科技形势,实事求是地按照科学规律,对卫星发展战略作了精辟的分析。1959年1月16日,中国科学院副院长张劲夫传达了邓小平总书记关于现在放卫星与国力不相称,要调整空间技术研究任务的指示。实践证明,邓小平同志把握住了中国卫星的发展航向,是从实际出发符合国情的。因为国家经济、技术力量有限,为了国防的急需,只能优先保证导弹、原子能的发展。在这种情况下,重点开展人造卫星单项技术的研究,创造必需的研究试验条件,就能为空间技术的发展打下良好的基础,一旦条件成熟,就可以在短时期内研制和发展我国的人造卫星。

毛泽东同志一直关注着我国卫星研究和试验条件准备工作的进展。1960年5月28日晚,毛泽东同志在一些领导同志的陪同下来到上海新技术展览会。他躬身仔细察看了T—7M探空火箭。得知飞行高度为8公里时,他兴奋地说:"8公里也了不起呀!"又说:"应该是8公里、20公里、200公里搞上去。"毛泽东同志还鼓励大家一步一步把探空火箭搞上去,为发射中国的卫星做准备。

经过几年的努力,不仅在研制、发射探空火箭方面取得了显著进展,而且在开展空间科学技术单项课题研究和试验设备研制方面,攻克了一系列关键技术,取得了丰硕的成果。1965年初聂荣臻副总理根据我国国民经济的发展情况,特别是当时我国在运载火箭技术上有所突破的条件下,指出:"人造卫星只要力量有可能,就要积极去搞。"同年5月,周恩来总理主持的中央专委第十二次会议,批准了国防科委向中央呈送的《关于研制发射人造卫星的方案报告》。从此,我国人造卫星研制工作正式开始,并拟于1970年或1971年发射我国的第一颗人造卫星。1967年初,根据我国空间技术发展的需要,为保证东方红一号卫星工程计划的进行,聂荣臻副

总理向中央提出了组建空间技术研究院的建议。1967年10月25日毛泽东主席批准了《关于国防科研体制改组方案的报告》，从而使国防科研方面的研究力量按专业方向和任务分工集中到有关研究院。1968年2月20日，中国空间技术研究院正式成立。党中央的这一系列决策使我国人造卫星事业进入到一个有计划、有步骤、有组织、有领导地开展工作研制的时期。

1970年4月1日，装载着2颗东方红一号卫星和1枚长征一号运载火箭的专列抵达我国西北酒泉卫星发射场。4月2日下午，周恩来总理在人民大会堂听取即将发射的我国第一颗人造卫星及其运载火箭情况的汇报，4月14日周恩来总理又听取了关于卫星、火箭在发射场测试情况的汇报。4月24日凌晨，毛泽东主席批准实施发射。晚上10点，国防科委指挥向周恩来总理报告：卫星、火箭分离正常，卫星入轨了！周恩来总理立刻向毛泽东主席报告了这一喜讯。一时间，东方红一号卫星播送的《东方红》乐曲响遍全球，震动了世界。“五·一”国际劳动节晚上，在天安门城楼上，毛泽东主席、周恩来总理等党和国家领导人亲切地接见了参加研制和发射我国第一颗人造卫星的代表，这是对航天战线全体人员的关怀和鼓励。

三十几年过去了，“东方红一号”卫星进入太空，中华民族古老的幻想变成了现实。之后，创造了一个又一个的航天奇迹。至今，长征系列运载火箭已把中国自行研制的40多颗不同类型的科学试验卫星和应用卫星发射到不同的运行轨道，取得了世人瞩目的成就，在世界航天领域占有了一席之地。

回首往事，感慨万千：中国的航天事业能有今天，是与毛泽东等老一代革命家的正确决策、殷切关怀和英明领导分不开的。我们将沿着他们开创的道路，在改革开放的形势下迈向新的高峰。

作者系五院科技委主任，五院原院长

周总理让我搞导弹

钱 学 森

我国搞原子弹、氢弹、导弹、人造卫星，都是周总理领导的。一次我跟驻京外国记者谈话，我就说我们这些科技人员都很怀念周总理。“文革”期间，周总理仍然抓住这项工作不放，别的工作乱了，做不了啦！但“两弹”的工作一直没停。

我感受最深的是总理确实肯花时间认真听我们的意见。这是总理一贯的作风。每次开会来的人很多，不同意见的人也请来，总理反复问：“有什么意见没有？”听了我们的意见，他最后决定怎么办。在一次会中，总理问大家对一个问题有什么意见，秘书跑过去对总理小声说：“这件事你曾经批过（我猜想秘书大概是这么说的）。”总理大声说：“那有什么关系。我批了的事大家觉得不对，可以改嘛！”

我参加中央专委会的时间很晚，从前都是部门的领导去，我们听传达。1967 年我才开始参加。我回国搞导弹，第一个跟我说这事的是陈

赓大将。1955 年秋末冬初，我回到祖国不久，在科学院工作。科学院领导说："你刚回来先去看看中国的工业吧！中国工业最好的是东北。"我说东北我还没去过。就这样到东北去学习。转来转去到了哈尔滨，在哈尔滨安排我跟军事工程学院的院长陈赓大将见面。陈赓接见了我，还吃了顿晚饭。陈赓问我："中国人能不能搞导弹？"我说："为什么不能搞！外国人能搞，我们中国人就不能搞？难道中国人比外国人矮一截！"陈赓大将说："好！"后来人家告诉我：陈赓那天上午从北京赶到哈尔滨就是为了晚上接见我，我听了很感动。后来，他也是很积极，有一次叶帅在家请我们吃饭，我爱人也去了，陈赓也在。吃完饭，大概是星期六晚上，他们说找总理去，总理就在三座门跳舞。我们跑到那儿，等一场舞下来，总理交给我一个任务，叫我写个意见——怎么组织导弹研究机构？后来我写了一个意见，又在西花厅开了一次会，决定搞导弹了。那天开完会，在总理那儿吃了一顿午饭，桌上有蒸鸡蛋，碗放在总理那边，总理还特意盛了一勺给我。现在想起来真是惭愧，那时我对中国的情况一点也不了解，意见书中错误一定不少。

记得 1964 年 12 月 26 日，我在参加人大的会议，有人叫我去参加一个宴会。等了一会儿，邓颖超同志来了，她跟我说起来，问我小学、中学是在哪儿上的。我说小学是在师大附小上的，她问什么时候，我说是 20 年代初。她高兴地说："你不认识我吗？那时我是师大附小的第一批女教师啊！"所以邓颖超同志还是我的老师呢！不过她没教过我。她又问我干什么？我说我是搞火箭导弹的，并且介绍了一些搞导弹的科技人员，他们不怕艰苦和危险。我们那时的导弹叫做"东风 2 号"，是最早自己设计的导弹，用液氧、酒精做燃料。试验时都快发射了，出了问题。要把液氧卸下来。阀门又不灵了，我们的科技人员就上去处理，那很危险啊！后来她把这件事对总理说了，但说错了，说成原子弹了。以后她又见到我，告诉我，总理对她说："你搞乱了，他不会跟你这么说的，他是搞导弹的，不是

搞原子弹的。”邓颖超同志对我说：“我是会搞错的。因为我与恩来约定好了，不该我管的事，我是不问的。我搞不清是导弹还是原子弹。”对这件事我的印象很深。

“文革”中我们都是受保护的，没有周总理的保护恐怕我这个人早就不在人世了。那时候我们都是被军管的。军管会每星期都要向总理汇报一次。名单送上去后，总理说：“名单中的每个人，你们要保证，出了问题我找你们！”杨国宇知道这件事，他是军管会副主任，主管科技的，和我们接触很多，他说起这些事来生动极了。

我们体会，中国在那样一个工业、技术都很薄弱的情况下搞“两弹”，没有社会主义制度是不行的，那就是党中央、毛主席一声号令，没二话，我们就干，而直接领导者、组织者就是周恩来总理和聂帅。

我们的科技人员爱国是一贯的，是有光荣传统的。聂老总有句评语说：“中国科学家不笨！”的确如此。我还要说，中国的科学家聪明得很！而且中国科技人员都是拼命干的，外国人少有像中国人这样拼命干的。

中国过去没有搞过大规模科学技术研究，“两弹”才是大规模的科学技术研究，那要几千人、上万人的协作，中国过去没有。组织是十分庞大的，形象地说，那时候我们每次搞试验，全国的通讯线路将近一半要由我们占用，可见规模之大。那时是周恩来总理挂帅，下面由聂总具体抓，这个经验从前中国是没有的。我想，他们是把组织人民军队、指挥革命战争的那套经验拿来用了，当然很灵，从而创造了一套组织领导“两弹”工作的方法。这在新时代下有很大意义。在一次专委会上，周总理讲了这么一句话，他说：“我们这套东西将来也可以民用嘛！三峡工程就可以用这个。”我记得很清楚，他这句话我很赞成。这就是指那套组织、指挥大规模科学技术研究、生产的一套领导方法，可以应用并推广。

干我们这一行，一得之见多得很，有道理，可不见得全面，但是

在我们这儿有一条，最后是总设计师拍板。由总设计师听了各种意见之后，经过分析平衡，最后由总设计师拍板。总设计师他也不是一个人，他还有一个总体设计部，还有一个大班子呢，用现在的话说就是系统工程的班子。他们运用系统工程，衡量各种因素，选择最优方案，总设计师听了各方面专家的意见，又看了总体设计部的报告，最后下决心拍板，拍了板，谁再有意见也不算数了。这就是周总理、聂老总给我们规定的，总设计师就是总设计师。我们现在的总设计师都是这么锻炼出来的。像任新民就是当过总设计师，还有屠守锷、谢光选都是搞导弹的总设计师。总设计师要有风度，大将的风度啊！

这很有意义啊！现在很多部门不会用这个，效果不好。现代工程都很庞大，复杂得很，一种意见对局部来说是好的，但对整体就不一定好。以上是就技术方面而言，要有总设计师和总体设计部；还有一个总调度的体制，组织管理的一套系统。为了衔接研究、制造、试验、生产，有一个很庞大的组织管理系统。调度跟打仗一样，出了问题要解决。所以有一个总设计师还要有一个总调度。张爱萍讲得很好，他总结说，要有两条线：一条是总设计师这条线，另一条是总调度这条线。最后汇总到领导（在军队就是党委），最后决定是领导。这一套组织是科学的，又是具有中国特色的，符合中国实际的，是中国土生土长的。这套东西的形成，就是在周总理领导下创立的，这是很重要的经验。

那时中央专委的决定，要哪一个单位办一件什么事，那是没有二话的。决定也很简单：中央专委哪次哪次会议，决定要你单位办什么什么，限什么时间完成。也不说为什么，这就是命令！中央专委的同志拿去，把领导找来，命令一宣读，那就得照办啊！好多协作都是这样办的，有时候铁路运输要车辆，一道命令，车就发出来了。没这套怎么行呢？千军万马的事，原子弹要爆炸，导弹要发射了，到时候大家不齐心怎么行呢！按电钮那么好按呀！按一个全国都有

影响，都要跟上动作啊！当然，现在我们国家正在进行一系列体制改革，什么都用指令不行，但可搞合同嘛，那也是合同说到的就要做到的呀！

第一次我们发射通信卫星，当时，国务院领导同志亲临现场去观察指导，对我们这套评价很高。以前他们没有到过现场，这次看了说："你们的组织真严密。"说到电子技术，李鹏同志说："你们的电子计算机并不怎么先进嘛！但就是靠了严密的组织，做出别的地方用先进的计算机有时还做不出来的活来！"我们靠的一是执行任务的都是穿军装的，讲组织纪律；二是中国科技人员总是拼命干，夜以继日地干！因此可以说中国人是很严肃、很严密、很认真的。所以我们的"两弹"试验事故最少、伤亡也最小，都是在周总理的严格要求下取得的。他说："一定要稳妥可靠，万无一失。"这条指示，我们每次试验都要讲，检查很严格，所以才很少出事故，很少伤亡。当然，也不是说绝对不出事故，因为总有没有认识到的事物。但是，由于我们贯彻了周总理的指示，所以事故、伤亡要比外国少得多。

现在有那么一些误解，认为搞"两弹"是个错误，花那么多钱，没有用来发展生产。这还不是个别人的意见。我总是解释说："不是这样的。首先，我们搞'两弹'花钱比外国少，因为有党的领导，具体就是周恩来总理和聂帅在领导我们。再就是中国科技人员的优秀品质，所以完成了这个任务，损失最小，花费钱少。"当然，也不能说我们没有错误，也不是说一点冤枉钱都没有花。中国的工业、科技那样落后，我还算是在国外接触了一点火箭、导弹的，但是40年代至50年代初国外也刚刚开始，我也和大家一样，也是一知半解。所以说，不是没有犯错误，不能说一点钱没浪费，这是学费。但是总的看要比国外好得多，原因就是前面讲的两个方面。我还说："你说不该搞，那好，如果不搞，没有原子弹、导弹、人造卫星，那中国是什么地位！你搞经济建设也不可能，因为，没有那样的和平环境。"我们这些搞国防科学技术的，听到这些不正确的议论很有意见。

应该看到，从大的方面说，这是关系到国家战略地位的问题；从小的方面说，我们创造了一套经验是很珍贵的。过去是小生产、二亩地的搞法，小炉匠的搞法，我们现在是搞大规模建设，周总理生前说过这套办法可以用到民用上去，但是我们还没有很好总结这套经验，并把它应用到民用上去。在这方面总理是有伟大功绩的，他为中国大规模科学技术的发展创造了成功的经验，而且是结合中国实际的，具有中国特色的。

作者系第六、七、八届全国政协副主席，中国科学院院士，中国工程院院士

回忆周总理对航天事业的关怀

黄 立 德

敬爱的周总理生前对航天事业的亲切关怀，谆谆教诲，使我终生难忘。他老人家在为国家大事、国际大事操劳的同时，密切关注、亲自过问并果断处理七机部的“大事”。他在日理万机之中多次到211厂总装车间视察，他所倡导的“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的16字方针，早已成为我们航天人的座右铭和传家宝，成为整个航天科研工作的指导方针。

记得在1970年国庆节前夕，周总理和中央专委的首长们在人民大会堂新疆厅接见我们七机部的代表，听取发射实践一号卫星的火箭出厂前的汇报。总装车间的副主任高德宏同志站起来准备汇报时，总理亲切地问了他的姓名、年龄、籍贯，现任什么工作等情况，高德宏同志一一作了回答，紧张的心情顿时松弛下来。他汇报到在产品总检查时发现一个铝封块丢失了，为此，进行了全箭分解检查，也未找到此物。周总理关切地问：“铝封块丢了会造成什么后果？你

自己在厂里做了什么工作?”高德宏同志下保证地回答说:“经仔细检查,确信没有问题。”听后,总理满意地笑了,又语重心长地告诫我们:“干你们这一行比绣花还要精细,要精雕细刻才行,有些制度,你们要一代一代地传下去,使所有从事航天事业的同志经常想到绝对可靠,万无一失。”我们搞航天事业的人深知航天产品的质量好坏是关系到全局性生死攸关的大事。哪怕是一个焊点、一根导线有问题,操作上有一丝一毫的疏忽,都将会导致不堪设想的后果。因此在每个生产环节中都必须按章操作,慎之又慎,精益求精,这样才能保证“稳妥可靠,万无一失”。

也是1970年的某一天,周总理和李先念副总理在人民大会堂东大厅再次接见七机部的代表,听取某型号全程飞行试验前的汇报。晚7点,总理准时步入会场。我们211厂代表的座位离总理最近,甚至看得见总理深灰色旧中山服里白衬衣领子上的补丁,总理简朴的外表和平易近人的风度,给我们留下了深刻的印象。型号总设计师任新民首先汇报了全程飞行试验的准备工作。由我汇报这发箭的发动机质量情况,说到涡轮泵在镗孔时掉进了铁屑,幸好在X光检查时被照出来了。总理问我:“你叫什么名字,哪里人,在哪儿上学,做什么工作?”我回答:曾在哈尔滨工业大学上学,1950年提前结业调到空军当翻译。总理爽朗地笑着说:“那你是第一个五年计划参加工作的了,是有功之臣。”总理的夸奖,使我感到惭愧。接着,我把实物、图纸、工艺规程铺在地毯上,详细地汇报研制过程,总理俯下身子边看边问:“涡轮泵由几个车间生产?”我回答在十四车间焊接,再到七车间装配。总理又问:“两个车间相距多远?”我说:“将近500米。”总理说:“产品这么来回拉,质量能保证吗?现在能否确认泵里没有铁屑?”我说:“我们经过反复质量检查,X光透视也表明没有多余物了。”我接着把有铁屑和无铁屑的两张X光底片递给总理看。总理放心了,问大家:“对这枚箭有无把握?”我表示:“发动机没问题。”任新民总设计师说:“全箭没有问题。”这

时，服务员送来几片面包和一小盘香肠。总理说他还没有吃晚饭，九点还要接待外宾，今天就不招待大家了。他边吃边听汇报。又问杨国宇同志和钱学森副主任，你们的意见如何？杨国宇、钱学森二位领导回答说："有保证，没问题，有把握。"随后总理又问在座的各位专委委员还有什么要说的，最后，总理说："那我马上报告毛主席，毛主席一批准，你们即可出征组织发射。"

三十多年过去了。回首往事，仿佛又看到我们敬爱的周总理谈笑风生，神采奕奕地坐在我们中间……敬爱的周总理啊！航天战士永远怀念您，您的教诲，您的期望，经一代代航天战士的奋力拼搏已经成为现实。他们正在向航天技术的新高峰迈进。

作者系 211 厂原副总工程师、研究员级高工

周总理对火箭总装车间的关怀

郑 德 晁

周总理生前非常关心我国的航天事业，与刘少奇、朱德、邓小平、陈毅、贺龙、徐向前、聂荣臻、叶剑英等中央领导，都曾亲临火箭总装车间视察指导工作。我有幸多次聆听他们的亲切教诲，那激动人心的场面至今还历历在目，永世难忘。

我国的航天事业，在苏联撕毁协定、撤走专家，由仿制走向自行研制的关键时刻，周总理于1965年5月22日下午和邓颖超同志来到总装车间视察。由于事先并不知道总理要来，我们也未组织队伍欢迎。总理下了汽车，走进厂房时，对在场的干部、工人亲切地说："同志们好，你们辛苦了！你们的岗位很光荣，在这条战线上奋斗责任重大，我很长时间没有和你们见面了，很想念你们，今天下午有空，就和颖超——你们的邓大姐来了，特地来看你们。"说完，总理和邓大姐在有关同志的陪同下，仔细地看了各型号火箭，边看边问，看得认真，问得详尽。敬爱的总理啊，

你在日理万机的百忙中，还惦记着航天战士，还来看望我们，让每个航天战士都从你身上得到亲切的关怀，感到无比的温暖。

当毛主席发出“我们也要搞人造卫星”的号召后，60年代中期，中央批准发射东方红一号卫星计划。从任务的确定到研制工作的全过程，都倾注了周总理的心血。在研制过程中，他多次听取卫星、运载火箭工作进展情况和存在问题的汇报，亲自排除各种干扰，推动研制进程。

1970年4月，当卫星和运载火箭运往发射场、完成技术阵地的全部测试工作后，14日晚，周总理、李先念、余秋里等中央领导在人民大会堂听取刚从发射基地返回北京的钱学森、任新民等同志的汇报。当汇报到产品内有多余物时，周总理很严肃地批评说：这个不行。你们的产品是死的，可以搬来搬去，总比开刀容易，总可以搞干净，无非晚两天出厂。不能把松香、钳子丢在里头，这个不能原谅。他还强调要谦虚谨慎，注意搞好协作。并鼓励大家：如果这次成功了，还要继续前进，不要骄傲自满。这次试验可能搞不成，这也不要紧，失败是成功之母。汇报一直持续到深夜。最后，周恩来总理深情地祝大家返回发射场一路平安，预祝这次发射一举成功。24日，第一颗人造地球卫星发射成功后，毛泽东主席、周恩来总理于“五一”国际劳动节当天夜晚，便在天安门城楼上亲切接见了发射第一颗卫星东方红一号的总装工人代表丛学成，使航天战士受到极大的鼓舞。

1971年初的一天下午，周总理和中央专委领导在人民大会堂接见七机部代表，并听取实践一号卫星、运载火箭出厂前的汇报。总装车间代表向总理汇报了火箭总装和丢失铅封的查找情况。总理语重心长地说：“干你们这一行比绣花还要精细，要精雕细刻才行。有些规章制度，你们要一代一代地传下去，使所有从事航天事业的同志经常想到绝对可靠，万无一失。”早在1966年，总理在一个重要试验文件上批示时，就提出了“严肃认真、周到细致、稳妥可

靠、万无一失"的16字方针。但我们理解不深，执行不力，尽管也采取了一系列措施，然而质量问题还时有发生。

例如，自行研制的某型号产品在进行出厂质量复查时，发现一个螺钉下落不明。产品经分解检查，在不同的部位共检查出扳手、螺钉、螺帽、保险丝头、铝屑等30多种多余物。拖延进度一个多月，影响极大。后来，把这次事故通称为"108事件"。

1980年4月20日，某型号一发产品返厂排除故障分解时，在发动机启动阀门处发现有多余物——一双白鞋带，影响了发射试验的进程。

1982年5月27日，在进行某型号内压试验时，由于接错管路，造成产品负压失稳，经济损失几十万元。

这种种事故的沉痛教训和枚枚火箭成功发射的喜悦，无不使我们更加深刻理解周总理16字方针的无比正确。它是指导我们搞好工作的方向，是指引航天事业前进的明灯。

1972年9月13日，周总理和李先念、李富春等中央领导又一次来到总装车间视察。总理从南面走进厂房门洞，并跟大家一一握手。总理没坐在专门为他准备的位置，而是随便地坐在侧面的板凳上稍作休息，接着亲切地对大家说："又有好长时间没有来了，今天来看看大家。前年，他们(指林彪来'视察'那一次)让我来，我没有来。今天正好是林彪自我爆炸的一周年。中央领导很关心你们的事业，所以看看大家。"接着又说："你们科研战线上的同志，各位领导、科技人员、职工多年来在这条战线上工作，责任重大，很辛苦。我代表中央专委的同志向你们表示感谢。党中央、毛主席都十分关心你们事业的成长，希望你们再接再厉，搞好工作。"随后总理起身步入车间，当走到大门口时，见地面铺着地毯，总理把鞋底在地毯上擦了又擦，才跨进生产现场。当天下着毛毛雨，是为了保证安全才铺上地毯的，而我们的总理想的却是尖端产品的质量与文明生产。

总理步入车间，见到我穿着白色工作服站在车间职工队列的前面，便招手示意前面引路，此时我心情激动而又紧张。当时，我是车间负责人，任务是搞好接待工作与保证安全，而陪同讲解另有人负责。这时屠守锷副院长跨前一步，走到总理面前，我这才松了一口气。总理每到一个产品前，坐下来仔细听取汇报，边听边问，对航天事业的进展给予极大的关怀。当走到产品停放处时，总理坐下来，端杯想喝口茶，刚举杯到嘴边又立即放下，从表情上可以看出由于我们的疏忽，茶太烫了。但总理毫不介意，面带微笑继续听汇报。

当视察将要结束时，大家请总理作指示，总理摆摆手谦虚地说，我今天不讲了，让中央其他领导讲。随即迈着稳健的步伐大踏步往外走去。

此次视察前，总理通过办公室就预先告知：不准组织群众迎送，不准照相，不准记者采访，不准搞题词，不准停产。可在两年前，林彪一伙也来总装车间“视察”。事前兴师动众，要求组织庞大队伍迎送，并冒雨进行多次演练，搞得大家精疲力尽，劳民伤财。不同要求，泾渭分明。

敬爱的周总理，平易近人，光明磊落，为人民鞠躬尽瘁，为我国航天事业呕心沥血，建立了不可磨灭的功勋。仅“文革”中接见航天战士就有 37 次之多。1967 年 1 月 7 日这一天，总理日程上安排 9 次活动，两次是接见七机部群众代表。我们要牢记他的亲切教诲无微不至的关怀，代代相传，使我国的航天事业在新的历史时期，更加兴旺发达，走向世界。

作者系一院 211 厂 7 车间副主任、高级工程师

刘少奇同志参观先锋批导弹展览

赵 世 愚

那还是在1965年的夏秋之交，我当时在上海新江机器厂任总工程师。一天得到机电二局局长肖卡同志的通知，说是刘少奇主席和陈毅副总理路过上海，他们很关心上海新技术基地的建设和发展情况。但又因在上海的时间很短，没时间来新江厂视察，肖卡希望能准备一个简单小型的实物展览会，并向两位中央领导同志汇报工作。

那时我局仿制型号先锋批导弹的试制工作已经顺利完成，并为发展上海的导弹事业奠定了良好的基础。于是，我们就迅速将该导弹的技术攻关项目，如舱体，油箱和操纵系统等主要部件以及一些图片布置了一个展览会，地点放在锦江宾馆的俱乐部内。那天下午2时左右，我和肖卡同志事先已等在那里，迎接少奇和陈毅同志的到来。一会儿，门外响起了脚步声。人还未到，我就听见陈毅同志那爽朗的笑声。少奇和陈毅同志在上海市委书记陈丕显同志的陪同下来

了，只见少奇同志身材高大，穿一件短袖白衬衫。而陈毅同志身材魁梧，一派老帅风度。他们谦和而又热情地与我和肖卡握手并相互问候。当我和陈毅握手时，我叫了一声“陈副总理”，陈毅说：“不要叫我副总理，我不喜欢别人叫我官衔，就叫我陈老总，随便点嘛。”这时大家都笑了，气氛也开始活跃起来。言谈中，陈老总一听我是四川口音，就风趣地说：“咱们是老同乡啰。”接着他问我是四川哪里人，以前学的是什么？我告诉他，我是四川成都人，学的是内燃机专业。这时陈老总哈哈地笑了：“你学的是内燃机专业，现在工作却需要你搞导弹，没关系，从头学起嘛。你看我原来是拿枪杆子的，不也改行搞外交了。不懂不要紧，只要肯学习，我就是跟周总理学出来的。中国人不笨，四川人更不笨！我们四川自古说是个出人才的地方，要武有将才，要文有秀才，现在还有搞导弹的。”我一下子脸红了，连忙说：“不不！老总过奖了，我们只不过取得了一点成绩，我们还要努力。”“对！要努力，要奋斗，我们国家需要实力，这样在国际上才能直得起腰杆子，我这个外交部长还要靠你们用导弹给我撑撑腰咪。”陈老总说着，还做了一个用手扶腰的手势，我们大家都笑了。我平时就听说陈老总讲话幽默风趣，想不到今天一见面果真如此，给我留下了深刻的印象。

接着，我就和肖卡一起陪同少奇、陈毅同志进入展览厅。由于我较熟悉先锋批的试制过程，所以，由我一边指着导弹的部件及图片，一边作情况介绍。尔后，就开始汇报工作。先由陈丕显同志介绍了上海新技术基地的基本情况和初步的发展规划。再由肖卡同志具体地讲了在当时国家面临严重困难时，在没有专家，没有专门设备和资金的情况下，机电二局的广大科技人员和职工是如何自力更生，艰苦奋斗，边学习，边练兵，攻克尖端技术难关，而造出先锋批导弹的经过。轮到我汇报时，由于我一时激动，从座位上站了起来。陈老总这时用手做了个朝下的手势说：“别急嘛，坐下来慢慢说。”这个细节虽小，但却体现了中央领导同志对下级的爱护，使我

难以忘怀。当时我主要汇报了先锋批导弹的试制情况和产品的性能特点及在战术上的应用。

在汇报过程中，少奇同志听得很认真、很仔细，他时而微微点头，时而用笔记录着。他在发言中对上海新技术基地在筹建后不长的时间里取得的成绩表示满意。认为上海基地利用原有较好的民用工业基础、技术力量，自力更生，艰苦创业，搞出了国家国防建设需要的武器。这条路走对了，符合我国的实际情况，我们的各行各业都要发扬这种精神。少奇同志的话语不多，但给人以简明深刻的印象。

陈老总的讲话更是声情并茂。他说："苏联人和我们吵了一架，结果把合同吵撕了，把专家吵走了，他们想以此来卡我们。但我们不怕！毛主席有句名言，叫做'中国人连死都不怕，还怕困难吗？'去年，我们爆炸了一颗原子弹；现在，上海的先锋批也取得了成绩；今后，我们还要发展新的尖端项目。帝国主义垄断尖端武器的时代一去不复返了！"他那宏亮宽广的声音久久地在大厅里回荡着，引起我们心灵的强烈共鸣。

陪同少奇，陈毅同志视察先锋批展览距今已整整 20 年了。如今，我每每回想起这段往事，心情就不能平静，两位中央领导同志的音容笑貌时刻浮现在我的眼前。但可以告慰的是，20 年来，我们上海航天局从先锋批导弹发射成功开始，已经从仿制转到自行研究、设计、试制和生产；从单一型号发展为多种型号、多种系列的战术导弹，并在大型运载火箭和人造卫星的研制上取得了辉煌的成就，为我国的航天事业、为我国的国防建设作出了重要贡献。而少奇同志和陈老总却都已先后作古，如果他们九泉有知，该会多么欣慰！

作者系上海航天局原副局长

邓小平同志视察火箭发动机试车台

严文祥

1959年下半年，为了加速我国火箭事业的发展进程，中央军委决定：建立我国自己的大型试验基地——507工区。组织上任命我兼任507工区党组书记。

1960年3月9日上午9时左右，我正在办公室，突然，电话铃声急促地响起来。我拿起话筒，耳机里传来一条激动人心的消息，工区指挥所向我报告："邓小平总书记、陈毅副总理，还有北京市刘仁书记和赵鹏飞同志来了……"

我急切地问："现在在哪里？"

"在工区办公室。您快来！"耳机里传来了对方兴奋紧张的声音。

听了这一喜讯，我怀着十分喜悦的心情，当即用电话向国防部五院副院长王诤同志做了汇报，随即赶往大院东门外铁路旁的工区指挥所。小平、陈毅等同志一一与我握手，顿时，一股幸福的暖流涌上我的心头。中央领导同志日理万机，在百忙中亲临工地现场，关心我们的事业，

关心我们的生活,使我的心情久久不能平静。

当时我们办公室很简陋,四壁是泥抹的篱笆墙,办公桌是用木板搭的,用的茶杯也粗笨得很。陈毅同志看了后勉励我们说:"很好,就这个样子好,创业要的就是这种艰苦奋斗的精神。"

接着邓小平同志对我们说:"这次来要看两个地方:一是看试车台;二是看火箭。"

随后,副指挥武华英同志汇报了 507 工区的规划布局;建筑公司经理曹建华同志汇报了 507 工区的施工进展情况。

在听取汇报过程中,小平同志问:"你们要花多少钱?人员现在有多少?钢材需要多少?"

我们都一一作了回答。

邓小平同志又问:"试车台施工要多长时间?"火箭发动机试验站负责人王太然同志向首长汇报说:"由于任务紧急,图纸还没有全部拿来,现在是来多少,我们就先干多少,尽量抢时间。"

汇报了半个多小时后,我们就陪同首长乘车去火箭发动机试验站工地。我们沿着西大院墙外坎坷的土石小路颠簸行驶。

在车上,邓小平同志亲切地问武华英同志:"你是哪个部队的?"

武华英说:"我是二野的。"

"你是哪里人?"

"左权人。"

"啊,好,我们部队到过左权。"

小平同志接着又问:"工作有什么困难?"

"有首长的关怀,困难完全可以克服。"

"对,要好好干,将来大有前途。"

陈毅同志还十分关心地问我:"大家生活上有什么困难?"

我说:"同志们都能吃苦,很体谅国家的困难。"

"你们有信心搞出火箭来吗?"

“大家劲头很大，信心很足，决心很大，一定要搞出火箭来。”

陈毅同志十分高兴地说：“很好。希望能早日听到你们的喜讯。”

小车开到了半山腰上，因没有路了，只好停车步行。时值初春，春光明媚，山坡上桃花含苞待放，大地呈现出一派生机。20分钟后，到了试验台工地。小平、陈老总和其他领导毫无倦意，兴致勃勃地巡视着。

小平同志一边看一边仔细询问：“造一个花多少钱？”

我们作了回答。小平同志又问：“是自己设计的吗？”我汇报说：“这些试车台是在学习、借鉴了外国技术资料的基础上，由我们自己设计的。”

小平同志听了高兴地说：“自己设计好，要多设计几个台，通过学习国外技术，进行实践，掌握好技术，在实践中增长才干，别人能办到的我们也能办到！”

当汇报到这些试车台是多种科技知识的综合，技术要求复杂，质量要求很高，困难很多的时候，小平同志说：“你们要迎着困难上，搞科学就是要反复试验，一次不行就两次、三次，失败了再干，直到成功为止。”

当我们汇报说，为适应我国火箭事业进一步发展的需要，即将动工兴建一个目前在我国技术最先进、规模最大的试车台时，小平同志说：“这个试车台什么时候动工？要快些，你们别太保守了。”

陈毅同志说：“越快越好。”

说话风趣幽默的小平和陈毅同志，这时的神情却异常的庄重、严肃，话语之间带着一种紧迫感。这情景不由使我想起当年小平、陈毅同志指挥举世闻名的淮海战役时的风采雄姿。在当前面临各种困难的严重时刻，他们又像当年战前检查防御工事一样来视察我们的试车台工程建设，其间凝聚着多么深切的期待啊！

视察完试车台后，小平、陈毅等一行站在山坡上，俯瞰着整个

507 工区。一座座厂房拔地而起，起重机、推土机轰鸣作响，工地上人来人往，车水马龙，一派繁忙的景象。此时，首长脸上露出了兴奋的神采。

陈毅同志看到我们工地有军人和民工一起施工，就说：“要加强政治思想工作，发扬军民团结协作的老传统。”

曾经领导和组织过北京市“十大建筑”的刘仁、赵鹏飞同志，这时指着工地对我们说：“要树立质量第一的观念，建立严格的质量检查制度。”

离开试车台工地，我们陪着首长乘车来到了发电厂工地。当汇报到施工单位曾经参加过人民大会堂建设时，小平同志说：“要吸取人民大会堂的经验，抢时间，保质量！”

陈毅同志说：“要争取早日发电！”

刘仁同志说：“要发扬大团结、大协作和艰苦奋斗的精神。”

快 11 点了，因为首长要赶回去开其他会议，所以，原先准备看看火箭，也只好作罢了。

分别时，小平、陈毅等同志一一与我们握手，一再嘱咐我们要发扬自力更生精神，尽快把试车台建设好。我们怀着敬佩的心情依依不舍地目送着小平、陈毅等同志的车子缓缓离去……

作者系三院原党委副书记

小平同志说“人造卫星好”

闵桂荣

1987年7月，党中央邀请全国科技界各领域14位中年科技专家偕爱人到北戴河休息两星期，其中也包括我在内。过去，由于工作忙碌，我从未去过旅游疗养胜地休息。在收到中办请柬后，我意识到此非个人之事，而是党中央对我国航天界科技人员的关怀。我与夫人陈爱明同志安排好工作后，决定同往。7月18日，我们和其他专家在北京站上了前往北戴河的列车。王兆国同志上车看望大家并陪同前往目的地。在北戴河，我们被安排住进中办休养所。这期间中央领导人分别接见了14位专家及家属，并共进晚餐，举行座谈会，听取专家对科技工作的建议。当时先后接见我们的党中央及国务院领导有邓小平、赵紫阳、万里、杨尚昆、李鹏、胡启立、王震、田纪云、方毅、薄一波、张爱萍、宋健等同志。7月24日上午，邓小平同志接见14位专家及家属。当小平同志出现在大家眼前时，大家热烈鼓掌欢迎。80多岁的小平同志身体十分健

康，当时他每天下海游泳，走路步履稳健，说话声音宏亮，思维敏捷。小平同志与我们一一亲切握手，大家祝小平同志健康长寿。当国防科工委丁衡高主任介绍我是研制人造卫星的专家时，小平同志听了显得很高兴，并说："人造卫星，好！好！"这简练的语言，表达了小平对我国发展航天事业，研制和发射人造卫星的高度赞扬和极大关怀。随后他与我亲切握手并合影留念。当一一介绍之后，小平同志在大家热烈的掌声中作了重要讲话。他高度评价了科技界的成就，他说："对你们在各自领域中间做出的卓越贡献，国家感谢你们，党感谢你们，人民感谢你们。对今天不在场的许许多多在科学技术领域里做出重要贡献的人，国家感谢他们，党感谢他们，人民感谢他们。"小平同志的指示极大地鼓舞了全国科技人员，增强了他们为国家社会主义现代化建设而努力工作的信心。

由于1987年我们有两颗返回式卫星发射的任务。我只好提前一周离开北戴河赶往酒泉卫星发射基地。在离开时，中共中央办公厅温家宝同志热情到北戴河火车站送行。

回顾历史，由中共中央邀请我国科技界专家代表偕爱人到北戴河休息在建国以来尚属首次。这说明党中央对广大知识分子、科技工作者的高度重视和关怀。我本人直接参加了这次光荣的活动。但是，光荣应属于全体航天科技人员，属于全国科技界。回京后，我向部里递交了受邓小平等中央领导同志接见情况的书面报告。到发射基地后，我向全体参试人员传达了在北戴河中央领导同志讲话及座谈会等活动情况，大家都深受鼓舞，并以实际行动完成了两颗卫星发射、运行及回收任务。

1987年在北戴河我们受小平等中央领导同志的亲切接见已经过去12年。在以后的岁月中，我又在不同的场合集体受到他老人家和中央领导同志的多次接见。所有这些活动都使自己深受教育，并思考许多问题，特别是航天事业的发展问题。虽然中国航天事业40年来取得了很大的成绩，但离国家要求相差仍大，中央领

导同志对航天事业的高度重视，对发展我国航天事业的许许多多重要指示，我们是否完全贯彻落实，很有必要深入反思，重新学习和认识，以指导我们的工作。

这里我仍然以小平同志对发展航天事业的思想，写一些自己的体会。回顾历史，小平同志对发展科学技术、航天事业有系统的精辟论述。每次学习之后都深受教育。给我以深刻印象的是小平同志对科学技术工作，特别是对发展尖端技术高度重视。为了发展我国的航天技术，小平同志曾有多次的批示。例如，在我国人造卫星事业初创阶段，他就作出了要走与国力相称发展道路的指示。1978 年他又指示原七机部把力量集中到急用、实用的应用卫星上，要军民结合。1988 年他在一次重要的场合指出："如果 60 年代以来中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。这些东西反映了一个民族的能力，也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。"

在小平同志的指示中，肯定了发展航天对国家发展中的重要地位，提出我们的发展计划应与国力相称，同时指明我国航天发展的重点是急用、实用的应用卫星。经过多年的实践，我深感小平同志的以上指示是非常正确的。他的思想既体现了发展航天高技术的雄心壮志，又强调了发展中要注意坚持实事求是的态度。

关于发展我国航天事业的重要意义，中央领导高瞻远瞩。早在 50 年代，在聂荣臻同志领导的国家科技发展规划中就列上了有关项目。1957 年毛泽东同志发出号召："我们也要搞人造卫星。"60 年代中我们开始发展第一颗人造卫星及早期各种卫星时，正处于十年动乱时期，工作条件十分艰难。考虑发射卫星的重要意义，周恩来同志采取了种种保护措施，使这项尖端科技计划得以进行，并按计划完成中央、国务院下达的任务，使我国的空间技术从无到有，极大地提高国家、民族在世界上的地位。1976 年粉碎"四人帮"十年动乱结束，小平同志拨乱反正，提出科技是生产力，是第一生产

力。航天事业方面，小平同志肯定发展航天技术重要性的同时，指示集中力量发展应用卫星。按照小平同志的指示，进入80年代我国航天技术得到快速的发展，并进入应用阶段。本世纪80年代起，我国成功地研制和发射了多种应用卫星，其中有通信广播、国土资源、测绘、气象、科学实验等应用卫星投入应用，向全国各省市、20多个部门许多领域提供了应用，为我国的经济发展和国防建设作出了重要贡献。

经过多年的实践，我深感到航天作为高技术的重要组成部分，其发展对国家确有非常重要的意义。概括地说，经济上，人造卫星具有很高的经济和社会效益；军事上，谁占有空间优势，谁就具有军事战略优势；科技上，空间技术带动和促进了众多学科的发展；政治上，航天活动极大地提高了国家综合国力及其在国际活动中的地位。正因为发展航天事业有如此重要的意义，国家将其放在重要地位是完全正确的，并应持续给予更大的支持。当然航天可开发的范围很大，因此我们面临一个有所为有所不为的问题，或是先后次序排队的问题。经过多年实践经验体会，首先应发展国家急需的各种应用卫星及其运载火箭，并在相当一段时期内应成为我国航天发展的重点。多种应用卫星具有极高的实用价值，研制和发射应用卫星对发展高技术产业及对我国传统工业技术更新，将产生很大的经济效益。因此它符合科学技术与经济建设相结合的方针。

随着改革开放的深化，对是否继续依靠自己力量发展我国航天事业应引起重视。有些人认为，卫星技术复杂，难度大，不如租星、买星简单。我认为这是从眼前利益和局部立场看待问题，若是站在长远的和国家民族利益的立场看问题，就应得出相反的结论。正如小平同志在1988年说的一段名言：“如果60年代以来，中国没有原子弹、氢弹，没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。”

因此，在建国50周年前夕，重温党和国家领导人对发展我国

航天事业的各次重要指示，并认真贯彻落实，仍然具有重要意义。

作者系五院原院长，航天工业总公司科技委副主任，中国科学院院士，中国工程院院士

聂帅与我国的航天事业

屠守锷

1956 年 10 月 8 日，受党中央委托，聂荣臻元帅亲自筹划组建了国防部第五研究院。几十年来，他为我国导弹和航天事业的发展给予了精心的领导、巨大的支持和无微不至的关怀。老五院的建院方针是他提出并经毛主席、周总理批准的；研制工作由仿制转入自行研制时的部署，他倡导的“爬楼梯”、“三步棋”的思想，在实践中一再证明是正确的。科研工作中的政治工作、后勤工作应该如何开展，他也作过详尽的规定。回忆往事，历历在目。

我是 1957 年 2 月来国防部五院的。到职之后，首先学习了建院方针：以自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果。这个方针是聂帅根据 1956 年当时国内和国际的具体情况提出的。在《1956—1967 年科学技术发展远景规划纲要(草案)》中，已明确发展导弹和火箭的研究是重点之一。但是，当时资本主义国家对我进行技术封锁，苏联也只同意接受

50名留学生，不愿进行具体的技术援助。聂帅认为，我们自己的科学技术和工业水平虽然落后，只要很好地把力量组织起来，还是有可能独立进行研究的。因此，决定把我们开展工作的基点放在自力更生上，但也不排斥取得可能得到的外援。1956年7月，因为国际形势的演变，苏联表现出在新技术援助方面有些松动的意思，聂帅及时捕捉住这个机会，积极活动，终于促成了一次中苏谈判。1957年9月，他率团去莫斯科，签订了苏联在火箭和航空等新技术方面援助中国的协定。我作为代表团顾问之一参加了那次谈判。苏联答允给我们的援助，虽然只是几个旧的型号的供仿制用的有关技术资料，并派遣了相应的专家帮助开展工作，但对我们在较短时间内组织起一个生产导弹的协作网还是起了很大作用的。在仿制过程中，根据聂帅的要求，一方面我们认真地跟苏联专家学习，掌握处理生产中出现的各种问题的技术；另方面积极设法自行研制符合技术要求的新材料、新的元器件，使全部生产最终能立足于国内。我们取得了一些外援，但我们是以自力更生的精神来消化外援，不是单纯的依赖外援来推动工作的。正因为我们有了正确的建院思想，所以，当赫鲁晓夫集团在1960年撕毁协定，撤走专家，企图阻止我国导弹事业发展的时候，我们用自己的力量走完了仿制的全过程，制造出合格的产品。并且在这个基础上自行研制了一系列的战略导弹和运载火箭，终于使我国的航天技术跻身于国际先进行列。

从仿制转到自行研制，究竟如何迈步，大家议论纷纷。在"大跃进"年代，人们的头脑有些发热，有人主张"迈大步"，在仿制工作还没有结束前就自行研制中程导弹。聂帅适时地告诉大家，应该用"爬楼梯"的办法去开展工作。先从仿制工作中了解导弹武器系统的概况，再在此基础上，作一些局部修改以提高其性能，熟悉研制的方法和规律。楼要一层一层往上爬，欲速则不达。事实证明，按照聂帅的意见去研制新型号，使我们少走了一些弯路。我们在仿制

过程中，只了解到组成武器系统各部分的构造和生产方法。因为苏联没有提供设计资料，我们对武器系统的内在联系是不清楚的。所以当我们用挖掘潜力的办法来提高仿制型号的性能时，一些有关导弹总体的问题没有考虑周到，一些必要的地面试验没有做或做得不彻底，以致在 1962 年 3 月第一次飞行试验就失败了。这次失败促使我们重新审查总体方案，按照文献中提供的国外研制导弹的经验，增加了飞行试验前大型地面试验的内容和数量。经过两年的努力，终于在 1964 年把第一个自行设计的型号的飞行试验搞成功了。这个曲折，说明聂帅要我们"爬楼梯"，一步一步前进是完全正确的。就这样，到 1971 年，我们先后研制了 4 个型号，从近程到洲际的导弹，解决了我国导弹的有无问题。

在自行研制的工作全面开展后，如何组织好研制工作是一个急待解决的问题。新的型号要用新的技术、新的材料和元器件。不成熟的技术，如果硬要用到型号上去，就会拖延研制周期。所以必需安排好预先研究工作。一个型号从开始研制到定型生产，可以分为三个阶段：型号预研阶段、型号研制阶段和定型生产阶段。聂帅把它归结成为型号研制中的"三步棋"。他认为，与之适应，一支研究队伍可以同时搞三个型号，一个型号是已定型的，可组织小批生产；一个型号正在研制中，要进行大量的设计试制和试验工作；一个型号处在研制前的预研阶段，明确需攻关的课题，组织力量一一加以解决，使新型号的技术水平可以提高到一个新的高度。这样明确提出的"三步棋"的思想对于加速我国第一代导弹的研制进程，起了重要作用。

聂帅十分关心科研队伍的成长。对科技人员，他不仅在政治上信任他们能够承担起中央交付的科研任务，并且具体地为他们创造必要的工作条件和生活环境。1961 年 7 月，聂帅在人民大会堂作了阐述《科学十四条》主要精神的报告，并且表示他愿当科研战线的勤务员，为大家做好后勤工作。他的报告使所有参加大会的人

员都欢欣鼓舞。听了报告，大家明确了科研单位的任务是出成果、出人才，不是离开本职工作去参加政治运动；科技人员只要做到拥护共产党，拥护社会主义，用自己的专门知识为社会主义服务，就做到了红与专的统一。从此，广大科技人员就心安理得地用主要精力去钻研业务，在“安安静静、干干净净”的环境中，解决一个个难题，为事业作出贡献。60年代初期，国家正经历着三年自然灾害的苦难，大家的生活都很困难。聂帅用他的名义向各大军区呼吁，请他们为科技人员支援鱼肉等副食品。这种细微的关心，更激励大家日以继夜地工作、苦干实干，力争自己研制的导弹早日能为国家“站岗放哨”。当我回忆起那时的热气腾腾景象，至今仍激动不已。

在建院后的前十年中，聂帅为国防部五院奠定了一个坚实的基础，培养出一支能打硬仗的队伍。这支队伍，在十年动乱中，虽然受到林彪、江青两个反革命集团的严重干扰，但仍能保持工作不中断。结束动乱之后，经过整顿，航天工业部继承老五院的传统，按照聂帅制定的方针，在发展我国的航天事业中又做出了新的贡献。今后，我们还要再接再厉，在发展国防需要的武器系统的同时，把高技术应用到为国民经济服务的事业中去，为祖国的四化建设多做贡献。

作者系航天总公司高级技术顾问，中国科学院院士

聂总与东风一号首飞试验

谢 光 选

1960年11月5日这一天，是航天战线值得纪念的日子，也是中国人民值得骄傲的日子。因为在这一天的凌晨，中国仿制的第一枚导弹进行了飞行试验，并获得完全成功。聂荣臻元帅亲临现场，当导弹命中目标后，他高兴地说："同志们！你们辛苦了！大家好好地休息一下吧。"的确，这一阶段，大家都是高度紧张的，绷紧的弦一下子放松了，疲劳立即袭来。因此，这一天的早上，20基地是异常的安静，大家多在休息，只有一小部分的人还在忙碌着，那就是后勤的同志们，他们在准备晚上的会餐。我睡了一会儿起来后，碰见了20基地代司令员李福泽同志。他很高兴地对我说："老谢，今天晚上我们要吃伙食尾子，要会餐了。"我当时对伙食尾子这个词的含义不大理解，我对他开玩笑说："伙食怎么会长尾子呢？"他说："说你是个专家就是个专家，好多事情都不知道。伙食尾子就是伙食费节约下来的钱，用这个钱进行一次会餐。"我又说：

“为什么不叫宴会呢？”他回答说：“不能叫宴会，如果让聂老总知道了，那就办不成了，我们的会餐也就会不了了。”

所有的后勤、服务人员都在为准备晚上会餐的四菜一汤紧张地工作着，炖黄羊肉是四菜一汤中主要的菜。黄羊肉是在野外猎回来的，这种肉没有膻味，非常好吃。再就是京区和参观试验的首长们带来的一些西红柿和青菜，做了西红柿炒鸡旦、猪肉辣椒和炒豇豆。豇豆是部队种的，这是储存的干豇豆，吃的时候要用水先泡开。作为一次精心准备的会餐，这是非常简单的。但是在60年代初国家正处在困难时期，能够有这样的四菜一汤，已经是相当的不容易了。

晚上，所有参加试验的同志们都出席了在不同场所举行的会餐。聂老总出席了在招待所举行的会餐，他举起酒杯为胜利朗朗祝词道：“在祖国的地平线上，飞起了我国自己制造的第一枚导弹。这是毛泽东思想的胜利，是工人、技术人员、干部以及解放军指战员辛勤劳动的结果。这也是我军装备史上一个重要的转折点。”这些话不仅是鼓舞，也确确实实地证明了一点，中国的导弹事业已经扎扎实实地迈出了第一步，而这一步，就使我军装备上了一个台阶。更值得自豪的是，没有洋拐棍，我们依然昂首挺立。

1960年8月初，苏联专家在我国的工作项目全部停止并且都撤回到国内了，甚至将提供了一半的图纸、资料、器材的供应也都停止了。根据这个情况，聂荣臻同志在北戴河提出：“中国人民是聪明的，要依靠我们的专家和工人搞出我们自己的导弹。”党和人民的重托和信任，使我们不仅有了主心骨，增添了无穷的干劲。我们决心，要依靠自己的力量，拿出中国的争气弹来。

1960年9月，为适应工作的需要，成立了东风一号、东风二号型号设计委员会，由林爽任主任委员。这次发射，除了林爽主任外，还有各个系统、专业、各有关厂的领导同志，211厂的冬春同志代表总装厂、国防部五院机关王道力同志也参加了这次飞行试验。在

进发射阵地的前一天晚上临上车时，我的心情很紧张，恐怕自己因为能力不够，辜负党和人民的期望，影响导弹事业的发展，影响祖国的声誉。我的紧张情绪，同志们都看在眼里，生怕我因此而影响了正常水平的发挥。于是冬春同志在我临上车前讲了这样的话："勇敢、沉着、镇静，不要紧张，要有决心、有信心，只有胆大心细，处事才能果断，我们等着你的好消息。"我当时真是很感动，首先我想到这枚导弹是第一次出厂，第一次发射，也是第一次由我们自己挑重担子，我不是一个人，我是代表着很多人下到地下室执行任务，同志们在期待着我，我没有理由不坦然面对同志们的信任；其次我也想到这枚导弹凝聚着整个航天工作者的感情和心血，我没有理由不充满信心地接受同志们的重托。于是我说："我一定尽自己的最大努力，为众目期待的导弹保驾护航，让它直上九天，一举成功。"同志们拉着我的手还是反复讲："这么多位专家，不就是你下到地下室了吗，我们全看你了。还是要冷静、沉着、果断，只要尽了心，万一出了情况，大家还是会谅解的。"我听了大家的话，心里很受鼓舞和宽慰。我们相互叮嘱了几句就告别了。当试验成功以后大家倍感兴奋和激动的同时，我们想的最多的还是，中华人民共和国的成立象征着中国人民是能够依靠自己的力量站起来的，而中国人自己制造的第一枚导弹的发射成功，更证明了已经站起来的中国人民是无所畏惧的。我们这批新中国自己培养的火箭专家，在型号委员会的领导下，发扬各系统、各专业和全国各行各业的大协作精神，终于做成了这件举世瞩目的大事。

聂荣臻同志的祝酒词很快由冬春通过电话传到了211厂，包括这个由伙食尾子凑成的四菜一汤的庆祝会餐，全体职工受到了很大的震动和鼓舞。大家说四菜一汤，在生活上表现了我们艰苦朴素的奋斗精神，在作风上则体现了我们勤俭建国、勤俭办一切事业的工作作风。勤俭，不仅是因为我们困难，也是精神和作风的一种锤炼。

那时我们没有计算机,更没有电子计算机,只有手摇计算机,一个飞行十几分钟的飞行弹道,用手摇计算机需要两个组人员计算一个多月的时间才能完成。一项大型试验要考虑的方方面面就更多了,有时一项试验要几个组计算几个月,我们的科研人员是兢兢业业的,我们就是用手摇计算机得出的数据可靠性也是相当高的,这不仅表现了我们研制人员可贵的敬业精神,更是我们自力更生、艰苦奋斗一贯的工作作风在科研生产中的体现。

作者系航天总公司科技委顾问,一院原副院长

江泽民总书记视察北京仿真中心

蒋鄗平

1994年1月8日是我终身难忘的日子。因为江泽民总书记在这一天来到我们仿真中心视察，并作了重要讲话。这意味着成百上千名工程技术人员、工人历时八年艰苦奋斗所创造的成果，得到了党和国家最高领导的直接关注！

作为一名北京仿真中心的领导者，我有幸参与了仿真中心立项、建设、验收、启用的全过程，成为这座亚洲规模最大、技术最先进的仿真群体的见证人。今天，我又将面向总书记汇报仿真中心的情况，激动的心情真是难以平静。

初获喜讯

1994年1月5日，上级通知我和二院陈定昌院长、王可立书记一起去总公司开紧急会议。我预感到一定是有非常重要的领导要来仿真中心，因为仿真中心作为航天系统的窗口已接待过刘华清副主席、邹家华副总理、宋健国务委

员、温家宝书记等领导人，这次莫非是江泽民总书记？可我转念一想，国家重任，日理万机，江总书记的工作实在是太繁重了！

上午9点，我们来到总公司机关，刘纪原总经理高兴地告诉我们："江总书记要来仿真中心参观。"我们都被这一喜讯振奋了，随之而来的便是一种强烈的责任感，一种对国家对人民所承担的责任。接着刘纪原总经理亲自布置了各方面的具体工作。陈院长、王书记和我立即商量起如何认真做好这次接待工作。

那一夜，我转辗反侧，琢磨着如何向总书记汇报？思绪渐渐将我带回到仿真中心建设之初。

1964年我从北京航空学院毕业后，一直工作在航天战线。前20年，先后直接从事及组织了三项中、大型项目。1983年组织上调自己负责北京仿真中心的筹建工作，我欣然同意了。因为我深知：仿真技术的发展已成为我国航天事业的当务之急。这是组织上的信任和重视。

在我国，仿真技术首先是在军事领域发展起来的。特别是航天领域，它是航天及导弹武器研制必不可少的手段，而且可以应用于实弹打靶的模拟仿真，以减少因为实弹打靶而消耗的研制费用。在地空导弹研制初期，美国在研制导弹过程中共打了1000多发弹，苏联研制SAM-1共发射了500多发弹，仿真技术的介入，可以大大减少实弹打靶的次数，无疑为航天及导弹武器的研制开辟了一条经济、快捷、准确的研制新路。

进入信息时代以来，随着科学技术的高速发展，许多发达国家将仿真技术应用作为综合国力的重要标志之一而给予高度重视，并把仿真视为今后科技发展战略的关键性推动力。军事专家们判断，未来10年或更长时间，仿真技术将仍在国防高技术领域占有十分重要的地位。

我国仿真技术的研究与应用起步于60年代，由于资金和技术等原因，发展一直较缓慢，到"六五"末期，我国的仿真技术仍处于

初级分散阶段。然而，当时的国防科研现实是，在“六五”期间我国的导弹武器、运载火箭的研究有了重大的发展，仿真技术的落后已经严重地影响了各类航天型号的进展。我们这些长期从事航天事业的同志更是急在心上。

在确定北京仿真中心的总技术方案时，曾出现过两种决策方案：一种是建立一个技术档次不太高的中型仿真中心，以适应科技发展需求；另一种是瞄准 90 年代初的世界先进水平，以新一代防空和航天武器系统精密制导控制仿真需求为依据，以自力更生为主，充分利用国内外先进技术和设备，边建边用，建成一个具有国际一流水平的仿真试验与技术研究中心。

原航天部的领导们选择了后一建设思路，得到了国家高层领导的认同，并确定北京仿真中心为国家“七五”重点工程。1984 年由国家计委、国防科工委批准，亚洲最大的仿真中心奠基石在航天二院一块作废的球场上被埋入了地下。

当时我们正处于改革开放的初期，面对百废待兴的现状，从共和国并不富裕的金库中拿出巨资进行北京仿真中心的建设，是需要冒很大风险的。从这里我们也可以看到中央对发展仿真技术的决心。

行 动 起 来

为了安全保密，万无一失，上级领导对我们提出了要求：只告诉职工做好接待国家领导人的准备工作，不说明具体细节。

第二天我到单位，立即召开党委会、中层干部会和全体职工大会，进行紧急动员。有的职工似乎猜出了几分，彼此互送眼神，互通“情报”。

我们从实验室开始着手，逐一进行安全、设备、技术、操作、卫生等全方位的大检查，职工们更是热情高涨，积极行动起来。

经过6日、7日两天全面彻底的清理，原本现代、洁白的大楼更加肃静、美丽。虽然正值冬季，仿真中心却是鲜花盛开，春意盎然，而我们的职工也都处于“一级战备”状态。我们“108条好汉”个个精神抖擞，自觉自愿加班加点，大家只有一个共同的想法——用自己的辛勤汗水，尽自己的最大努力，圆满完成好这次接待工作。

我望着身边这些同志，心里真是有说不完的感慨。仿真中心能有今天，是因为拥有一批“共和国的脊梁”。这些栋梁之才中，有把毕生精力奉献给中国航天事业的老科学家，又有许多准备把青春和热情交给仿真事业的大学生、硕士、博士，是他们默默无闻地支撑着国家科学技术的建设和发展。在他们为之奋斗的事业内涵中没有太多的个人成分，他们把国家、群体的责任视为自己的责任，把国家、群体的光荣看作自己的光荣。

记得那是1988年的事。我们有位30多岁的女青年叫张伟。她身兼数职：工程师、翻译、“工头”。在同美国瑞波夫公司合作安装屏幕暗室的日日夜夜，她身患疾病，一个多星期，吃不下饭菜，喝不下水。可她瞒着大家，白天照常工作，晚上偷偷跑到医院去打吊针，出色完成了任务，连挑剔的美国人都竖起了大拇指。

如今，每当我踏进这宁静而熟悉的大楼，就仿佛看到那些和我并肩战斗过的领导和战友们。总设计师方辉煜、总指挥徐乃明都是我国培养的航天专家，他们都毅然接受了建设仿真中心的重担，把自己的一切又一次投入到险象环生的科研攻关生涯中，在这个充满了探索和风险的事业里，他们以自己出色的业绩为人们所敬佩。高级工程师李永鑫最辉煌的事迹是让人给“逼”出来的：我们从国外购进三轴转台时，因仿真大楼尚未建成，只好将其安放在临时实验室里先行使用。谁知当需要搬入已建好的实验室时，外方开口要价100—200万马克的搬迁费！200万马克，我们都不相信自己的耳朵，这不是几乎又一台三轴转台的售价嘛！开什么玩笑，要这么

离谱的价儿。这是无法承受的！我们只能自己搬迁、调试。说起容易，这毕竟是昂贵的进口设备，一旦失败责任重大！经过院领导的批准，我们组织了专门的指挥和技术领导小组。在有关各方面和以李永鑫为首的攻关小组共同努力下，使庞大的三轴转台稳稳地"乔迁"，并正常工作。花费的总经费不足25万人民币。这种发挥自己的才能为国家节约大量外汇的故事，在北京仿真中心的建设中层出不穷。

难忘的一天

1994年1月8日，北京冬天少有的好天气，风和日丽。我们的职工早早地赶到单位，陈院长和王书记也提前来到仿真中心，我们又最后一次做了检查。

9点钟，中央办公厅主任曾庆红、国家计委副主任曾培炎先行来到仿真中心。曾庆红主任是"回娘家"，情绪十分高涨，看到在航天战线共同战斗的战友非常高兴，谈笑风生。10点整，江总书记乘车来到仿真中心北门，刘纪原总经理、栾恩杰、夏国洪副总经理、陈定昌院长、王可立书记、徐乃明、方辉煜、李伯虎等有关领导和我在北门热烈欢迎；江总书记分别同每人一一握手。当我握着总书记的手时，一股暖流涌遍全身。

这已是我第二次同江总书记握手了。第一次是1990年，在军博"七五"成果展览会上，江总书记来到我们仿真展板前，饶有兴趣地听着我讲解。当我讲到仿真中心的无形资产在国际谈判中充分显示它的价值时，江总书记高兴地说："有时是要让他们看一些先进的东西，这样可以加重我方谈判天平上的砝码。"

时隔五载，江总书记在百忙之中，又亲临仿真中心，这绝不仅仅是我们仿真中心的自豪，更是中国科技界的骄傲，也是我本人的荣幸。

为了避免前呼后拥，规定由总公司、院主要领导和仿真中心主任陪同。江总书记在刘总经理、陈院长和我的陪同下来到实验室的大负载间。我首先按照图板介绍了仿真中心的组成和四个重点实验室的任务，同时汇报了仿真中心在型号研制中已经产生的重大作用。我们来到了长征三号甲运载火箭仿真试验室。长三甲是我们的新型运载火箭，即将投放国际市场。它能否在国际市场上站稳脚根，关键是初次亮相的飞行试验。为确保这数千万元的长征家庭新成员能够顺利地领到进入国际市场的通行证，我们对其产品进行了严格的仿真试验，使长三甲在飞行试验中一次成功。×型导弹独立回路 A 型弹的垂直发射飞行试验，也是由于半实物仿真试验成功等原因，使得原定三个批次的飞行试验，仅做了一个批次即获成功，大大节省了时间和经费。出口用 Y 型防空导弹，由于对导引规律的修正有效地进行了仿真，使得为扩展远界和降低低界的飞行试验，仅用了两发弹，便试验成功，为出口赢得了宝贵时间。仿真中心启用至今仅三年，可以计算的直接经济效益大大超过建设总投资。国外有资料证明：通过仿真可以缩短型号研制周期 30%～40%，可以节省实弹打靶次数 40%～60%。江总书记听完介绍满意地点点头。接着，江总书记来到银河仿真机前，看到我国自行研制的著名的先进的仿真机，总书记很高兴。

第三站，江总书记来到了射频实验室，我详细介绍了建设的艰难曲折过程。

射频仿真实验室设计突破了目前国际上公认的仿真技术难点——毫米波仿真。不仅填补了国内空白，而且打破了美国对毫米波仿真技术的独家垄断。最值得我们中国科研人员自豪的是，我们在设计和建造射频实验室中，实现了“微波、毫米波仿真兼容”。这在世界上是独一无二的。它确立了我国的仿真技术在世界上的先进地位。

总书记兴致勃勃地询问导弹的性能、仿真的精度等很多技术

问题。总书记对技术相当熟悉，和身边的曾庆红主任交谈，说比在××国家看到的暗室好得多，指示我们要管好、用好这个实验室。

早在实验室设计方案论证时，我们从我国国情出发，选择了省时、省地、省钱的“一室两用”方案。一切事物都有两重性，既然省时、省地、省钱，则科技难点就必然多，这一次我们碰到的一个“拦路虎”就是要从理论上解决微波电磁场的“近场效应误差的理论分析及误差修正研究”这个难题。在没有任何国外资料可以借鉴的情况下，我们经过了七年研究与运算，不仅从理论上得出了“近场效应误差”的严格表达式，而且对误差修正获得了很高的精度。

建设中可以说困难重重。就在我们与美国合作设计建造微波/毫米波屏蔽室的关键时刻，美国政府突然借口“六四”事件，下令中止合同，使工程陷入瘫痪。面对挑战，我们反而增强了自己攻关的勇气。我们的科研人员紧张地工作，经常通宵达旦。经过几年的努力，我们不仅完成了暗室的建造，而且对暗室吸收材料配置、测试方法、测量设备等方面进行了合理的改造，使其实用效果好于设计方案。

毫米波仿真本身是一项为美国独家垄断的新技术，美国采取了严格保密的方式刁难我们。为此我们决定立足于国内比较薄弱的毫米波技术和有限的资金，实现毫米波仿真。这是一场严峻的攻坚战，科研人员在方案设计上大胆创新，提出了毫米波上变频等新颖的设计方案。这一方案的技术关键是要研制一种“毫米波参量型上变频器”，并要求动态范围大、幅度和相位线性度好。为此，我们科技人员进行了六年三轮攻关，终于研制出这一关键部件。

前面所提到的毫米/微波兼容“一室两用”，就是以陈训达为首的科研小组的成果。这个构思绝妙的设计，使国家为此而节约3000万元以上的建设费用。

最后，江总书记来到红外仿真实验室，看到正在工作的陶渝辉、张盈，就上前询问她们工作、学习、生活的情况。总书记和年轻的工程师亲切交谈，气氛十分融洽。

红外仿真系统采取了目标仿真装置与三轴转台紧密配合的新颖方式，采用了先进的目标、干扰和背景的投影方案及网纹镜扩束等技术，解决了自旋式导弹半实物仿真的难题，其精度达到世界先进水平。

红外仿真系统除了要解决在12平方厘米的镜面上，加工10万个尺寸严格控制的微坑的网纹镜的研制外，还要解决高精度的光学系统(目标仿真器)与大力矩转台之间紧密配合的难题，使其在强大的干扰力矩作用下，光学系统的摆动频率在10赫时，振幅小于5微米，即比一根头丝还要细小的振动量。然而这一切都在我们科研人员和技工的手中得到了最完美的实现!

参观完实验室，江总书记来到演播大厅，由我向江总书记作了有关仿真中心的补充汇报。江总书记问我:"这个仿真中心一共花了多少钱?"我答:"全部设备、厂房都算上约一亿人民币。"总书记听取了陈院长和刘总经理的工作汇报。听完汇报后，江总书记发表了重要的演讲。对我国仿真技术的发展成就感到高兴，对北京仿真中心的建设给予高度评价，江总书记还特别指示我们要把航天仿真技术推广应用到国民经济各个领域。江总书记提出我国粮食存储能否应用仿真技术进行管理?国民经济发展速度问题能否用仿真技术进行更为科学、精确的分析?国家大型重点工程的建设如何运用仿真技术。总书记所提的都是一些非常重要的有关国计民生的大事。总书记高瞻远瞩，所提的方向对我国仿真技术的发展有着重要的战略意义。江总书记最后说:"我今天应该祝贺你们取得很大成就。我总是感到中国人智慧还是了不起，我们的民族是优秀的、勤奋的。我们现在的方针是把国外的一切好的东西拿来学，再加上我们自己的传统，特别是中国的优良传统，把这些加起来，我

们会产生很大的威力。我们要不断地调动全体职工的积极性，把国家给我们的航天事业任务搞好。”听着江总书记这番语重心长的谈话，我的心情十分不平静。作为一个党的总书记和国家与军委主席，工作的繁重是可想而知的。但是他仍然挤出时间视察仿真中心，这样一个十分具体的研究实验中心，并将这里的科研内容放在全国经济建设的全局上考虑，把科学技术的发展与国计民生的事情一同放在心上，为了我们未来发展的方向，要我们在保证国防科研仿真的同时，积极参与国民经济建设的重大决策问题仿真。这两年我们认真执行江总书记的指示，先后参与了三峡工程关键项目仿真的探讨，承担了“引黄入晋”工程全系统仿真任务，以及高科技仿真游艺设备的开发研制等。

时间在悄然流逝，已经过了两个小时，比原定时间延长了一倍！可我们还是感到时间的无情。当江总书记要离开仿真中心时，我看到仿真中心同志们那一双双渴望的眼睛，心里明白，他们想和敬爱的总书记合个影。可原计划并没明确安排，再说已经超过了时间。当我向江总书记提出请求时，江总书记欣然答应。中心的同志们兴奋地热烈鼓掌，总书记不顾严寒，在我们仿真中心的门前与全体职工合影留念。照片很快洗出来，全中心人手一张，一连几天，大家都沉浸在那幸福的时刻。

同年 6 月 8 日，李鹏总理在国防科工委主任丁衡高和航天总公司刘纪原总经理的陪同下也来到了仿真中心视察。这两位党和国家最高领导亲临我们北京仿真中心，使我们受到了巨大鼓舞。党和国家领导人多年来一直亲切地关怀着北京仿真中心，两年前仿真中心通过国家验收时，江总书记、李鹏总理都曾分别题词：“发展我国仿真技术，勇攀世界科技高峰”，“发展系统的仿真技术，为科技现代化做出贡献”。他们的题词已成为我们仿真中心发展的“座右铭”，鼓舞和鞭策我们向着未来奋进。

江总书记的视察结束了，但党中央对我们仿真中心的期望和

关怀将永远铭记在我心中，它激励着我要永远勤奋、创新、开拓、务实。

作者系北京仿真中心主任兼党委书记、研究员

王卓鸣整理

李鹏总理关心新一代防空武器的研制进展

张福安　沈忠芳

当成百架呼啸的飞机扑向袭击的目标，当多种精确的导弹射向攻击的区域，一幅残酷的战争景象已呈现在我们面前：生灵涂炭，美好的家园成为废墟……我们不希望战争，我们渴望人类永远生活得甜蜜祥和，但我们并不惧怕战争，当国家遭到侵略，当民族安全受到威胁，我们会毫不犹豫地奋起反击。我们更深知，和平不是乞求得来的，归根到底要靠实力说话。为了和平，我们需要强大的军队，可靠的国防。

当今世界，高新技术一日千里。当它注入经济领域，会使其飞速发展；当它注入国家的武器，又会使战争变幻莫测。这场战争一旦到来，我们该如何打，怎样打？自然会有军事指挥家的运筹帷幄，有英勇善战的士兵冲锋陷阵，可为了战争的胜利，他们的手中应该有无愧于我们伟大国家、我们伟大军队的现代化武器。

防空导弹作为一种先进的防卫性武器，对保护人民的生命财产免受破坏，对来犯之敌给

予毁灭性的打击，有着至关重要的作用。回顾防空导弹40多年的研制史，从单一型号到多型号，从低空到高空，从第一代到第二代到第三代……风雨路上，每时每刻都有着党和国家领导人的关怀、支持和鼓励。从毛泽东主席、周恩来总理、聂荣臻元帅到邓小平同志、江泽民同志、李鹏同志和刘华清同志……他们为国防现代化运筹、规划，他们为它的发展创造着尽可能的条件，这是一种多么大的力量啊，这对我们航天科技人员是个多么大的鼓舞啊！

1995年的6月8日，这本是一个很平常的日子，但对一个导弹研究院来说，却因为当时的国务院总理李鹏同志要来亲自了解新一代防空型号的进展情况，而变得不同寻常。李鹏总理日理万机，操持着全国众多事业的发展，但他仍惦念着防空导弹武器的发展，关心着新一代型号的研制。该如何向总理汇报呢？反复思索，似乎想讲的事太多了：要让李总理了解新一代防空武器型号研制所取得的成绩；让李总理了解在研制中存在的问题；让总理了解这支研制队伍的状况；让总理了解我们的生活……想着这些，我们的心同党和国家领导同志的心更贴近了。

那一天，李鹏总理在国防科工委领导和航天总公司领导的陪同下，来到了航天总公司二院。他仔细观看了型号研制的部分产品，详细听取了型号总指挥的汇报，同研究院的领导和研制人员亲切交谈。初夏的北京，天气已开始燥热，尤其是下午，更易使人感到疲惫，但近70岁高龄的李总理，在两个小时的视察中始终精神抖擞，丝毫没有倦意。他看得很仔细，好像要把一切尽收眼底；他听得很认真，好像要把更多的情况装入脑海里；他谈笑风生，好像行家里手，句句切中实际……

现在每当想起李鹏总理这些讲话，都感到十分亲切，句句含有期望，富有哲理，给人以启迪。这些讲话是对我们巨大的鼓舞，又是有力的鞭策。这些讲话给我们指明了方向，也给了我们战胜一切困难的勇气。这些讲话坚定了我们一定要奋发图强去完成党和国家

所交给的这项艰巨而又光荣任务的信念。

李鹏总理曾十分通俗的解释说,新型防空武器非常重要,因为它能够对空打飞机,而且具有反战术地地导弹的能力。地对空、舰对空这样一类具有先进功能的导弹武器,实践证明在战争中确实发挥了一定的作用,所以中央军委和国防科工委对这些事情都很重视。这些导弹武器的研究成功,将大大增强我们的国防实力,增强我们进行现代化战争的能力,特别在打一场高科技条件下的局部战争中,将发挥巨大的作用。

的确,这个型号是我国自行研制的第三代防空导弹武器系统。它的杀伤空域大,抗多目标饱和攻击能力强;它的制导体制先进;它具有两级指挥控制体制,能更好地适应现代战争中体系对抗的需要;它有较强的抗干扰能力,并能同多种来袭击目标实施对抗。国家把这一项十分重视的任务交给了我们,使我们既感到了承担此项任务的光荣,也深深感到了责任的重大。在我们的思想上,无时无刻不在思考着这样一个问题:我们该如何去完成好这项艰巨而又光荣的任务。

新型号研制的困难和所承担的风险与压力,不身临其境的人很难有深刻的体会。研制的道路不可能像北京长安街那样平坦笔直,而是遍布荆棘和坎坷,我们只有自主、自立、自强地奋力前行。

李鹏总理在这一点上和研制人员们心心相通。视察中,他对型号研制战线的全体同志所取得的成果给予了充分的肯定。他说:"应该首先向大家表示感谢,我们的研制工作取得了许多成果,在这些成果的基础上我希望按照预定期限完成整个武器系统试验及设计定型工作。在这个研制过程中,我们主要依靠自己的力量,靠我们广大的科技人员,靠二院的同志和整个航天系统的同志,靠大家发挥了聪明才智,才取得了这个丰硕成果。"

这是李鹏总理对型号研制战线全体同志的鼓励。它将会转化成一股强大的动力,激励我们去跨越坎坷、荆棘和险道,达到那期

盼的目标——实现国防现代化、为部队提供高效实用的作战武器。

要想治理好一个国家，就要有正确的路线、方针和政策。搞武器型号研制，同样需要正确的指导思想以及适合中国国情的决策。李鹏总理关于“有所为、有所不为”的论述，关于“科研成果转化为战斗力”的指示给了我们很大的启示。

李鹏总理说：“进行国防建设的时候，应该是有所为，有所不为。如果样样都搞，尽管也会有些科研成果，但若不能形成实际战斗力是没有用处的。从我国的经济实力来看，用于国防的开支不可能很多，所以要集中力量把几件东西搞上去。有些属于技术跟踪、属于预研阶段的还是要做，但真正下功夫的，我看这个型号应该算一个。不论从它的战略意义来讲，还是从它的研究成果成熟程度来讲，都是有很大作用，因为我们是积极防御的战略方针。”

李鹏总理这段话，告诫我们今后武器装备的研制，一定要选好重点，集中力量打歼灭战，千万不可战线过长。我们要把李总理关于“有所为，有所不为”的辩证观点，真正贯彻到制定型号发展规划中去，下大力气，下大决心，调整项目。正像党的十四届中央委员会第五次全体会议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标的建议》中所提出的：“高度重视国防科学技术研究，把武器装备的发展放在依靠自己力量的基点上。有重点的加强新型武器装备研制及其研制手段的更新改造，优先发展高技术条件下防卫作战所需的新型武器装备。”

李鹏总理关心着国防科研事业的发展，更关心着这支科研队伍的成长。他特别提出了青年接班人的培养问题，他说：“第二代、第三代青年人接班的问题，你们一定要培养。一方面要提高待遇，另外更要靠大家的爱国心。像50年代那样要求，那也不行，我们还是要具备一定的物质条件，这一定要设法解决。你们一定要集中力量，我们这种制度允许我们集中力量来办几件大事情。”

李鹏总理的话语重心长。是啊，我们要搞出先进的武器，更要

在研制过程中锻炼出一支能战斗、爱祖国、爱事业的科研群体，而这支队伍的生力军就是青年人。在新型号的研制过程中，我们要把更多的重担让年轻人去挑，并尽力为他们发挥聪明才智创造一个良好的环境条件。同时，更要用爱国主义精神激励大家，讲革命传统，讲革命精神，使我们的队伍真正成为一支奋斗目标明确、团结友爱的集体。这样的一个集体一定能克服一切困难，勇往前进。

李鹏总理的视察行将结束，当他走出大厅，迎面碰上了闻声赶来欢送的人群。群众一见到总理，十分兴奋，热烈地鼓掌致意。总理笑着走向人群，同大家握手、寒暄。大家簇拥着总理，总理与大家的手拉在一起。"喀嚓"一声，胶片定格，一张值得纪念的"总理与二院职工在一起"的照片留下了。望着这张相片，让人不禁浮想联翩。李总理留下的何止是一张相片，他留下的是总理的心，留下的是对二院的全体职工、对武器型号战线上的同志的无比关怀。李总理的视察是短暂的，但我们的获得是巨大的，所给予我们的力量与启迪更是长久的。尽管完成型号的研制任务还面临着许多困难，与世界先进国家相比，我们还存在着相当的差距，但我们坚信有党和国家领导同志的关心与支持，有坚强的意志和执著的追求作保障，我们的新型号一定会早日装备部队，我们一定会有赶上并超过先进国家的那一天，那一天指日可待！

作者张福安系新一代防空型号总设计师、研究员，沈忠芳系新一代防空型号总指挥、研究员

航天历程中的几点回忆

任 新 民

新中国诞生50周年，刚好也是我投身国防科技事业50周年，尤其是亲历了中国航天从无到有、从小到大42个春夏寒暑，感受不少。回忆往事，缅怀毛主席、周总理、小平同志、聂老总等老一辈无产阶级革命家在发展中国航天事业中的丰功伟绩；期盼新老航天人在党和国家第三代领导人英明决策的指引下，继往开来，团结奋斗，共谋我国航天事业的持续发展。

一、高瞻远瞩发展航天

1956年春，国务院成立了科学规划委员会，组织全国600多名科学技术和工程技术专家，进行新中国第一个科学技术规划的制订工作。周总理和陈毅、李富春、聂荣臻三位副总理直接领导，周总理提出了明确的要求："按需要和可能，把世界科学最先进的成就尽可能地介绍到我国来，把我国科学事业方面最短缺而又

最急需的门类，尽可能迅速地补足起来，根据世界科学已有的成就，来安排和规划我国的科学研究工作，争取在第三个五年计划末，使我国最急需的科学技术能够接近世界先进水平。"并提出了"重点发展，迎头赶上"和"以任务带学科"的方针。经过反复的研究、讨论，诞生了《1956 至 1967 年科学技术发展远景规划纲要（草案）》，确定了包括火箭技术在内的 57 项国家重要科学技术任务。我当时在哈尔滨军事工程学院，应邀参加了这一规划纲要的制订工作，其中的第 37 项《喷气和火箭技术的建立》，就是在钱学森同志的主持下制订的，参加者有王弼、沈元和我。在这一规划中论述了发展喷气和火箭技术的意义、内容、目标、途径、进度、组织措施等，要在 12 年内使我国的喷气和火箭技术走上独立发展的道路，并接近世界先进的科学技术水平。根据这一规划，党中央、国务院、中央军委又听取了多方面科学家的意见，果断地做出决策，重点发展以导弹、原子弹为主的国防尖端技术。此后，我国的导弹和原子弹技术开始突飞猛进的发展。现在回顾起来，假如没有 50 年代中期党和国家的决策，那就不会有我国在导弹、原子弹事业方面举世瞩目的成就。

我国的人造卫星事业的发展也是如此。1958 年 5 月 17 日，毛主席在党的八大二次会议上发出了"我们也要搞人造卫星"的号令。正是有了党中央、毛主席的这一决策，我国才演绎出了东方红系列通信卫星、实践系列科学实验卫星、返回式遥感卫星系列、风云系列气象卫星。我有幸作为运载火箭的技术负责人参加了我国第一颗人造地球卫星工程的研制发射工作，我从切身的实践中悟出这样一句话："没有周总理的关心与支持，就没有我国的第一颗卫星！"在"文化大革命"的特殊时期，为长征一号运载火箭的发动机试车问题，周总理在日理万机中，先后于 1969 年 7 月 17 日、18 日、19 日和 25 日召开了 4 次会议，亲自协调、解决和落实试车问题，对两派群众晓之以理、动之以情，苦口婆心地进行说服教育，对

工作中的困难、问题和组织安排考虑得十分周到、井井有条。我感受到周总理确实具有足智多谋、运筹帷幄的魄力，也体会到了他严肃认真、一丝不苟的工作作风和孜孜不倦的忘我精神。正因为如此，才保证了8月22日发动机试车的成功。1970年4月2日和4月14日，我两次从酒泉卫星发射中心赶回北京，参加周总理听取第一颗卫星工程研制情况和发射准备情况的汇报。周总理敏捷的思维、超人的记忆力使我震惊，4月2日的那次汇报会还没正式开始，周总理就点名了："任新民，到了没有？"当我回答后，他指着他旁边的位置说："到前边来，这是你的位置。"这虽是普通的一句话，可在"文化大革命"时期，我这样一个从旧社会走过来的知识分子着实是有一种信任感和满足感。4月14日的汇报中，谈到卫星是否装安全自毁系统的问题，有的主张装，担心卫星出故障后带着《东方红》乐曲坠入大海，政治影响不好；有的不主张装，怕误炸了卫星。周总理对此十分慎重，反复询问有关情况，他走到我跟前压低声音地问："任新民，你是什么意见？"我讲了不装的意见及主要理由，他说了一句："你也是这个意见呀！"汇报会快结束时，他讲："卫星是否装安全自毁系统的问题，我今天晚上向毛主席报告，明天飞机(返回发射场的专机)起飞前我通知你们。"第二天清早，总理办公室电话通知："经毛主席批准，卫星不装安全自毁系统。"东方红一号卫星发射成功后，我返回北京后被直接送到海运仓总参谋部的招待所待命，在"五一"国际劳动节的晚上，钱学森、李福泽、杨国宇等同志和第一颗人造卫星工程研制和发射的代表，被邀请登上了天安门城楼，我也在场，受到毛主席、周总理等党和国家领导人的接见，周总理还把我们介绍给西哈努克亲王等外宾，指着我们说："这是中国放卫星的人！"时至今日，周总理的音容笑貌和充满朝气与活力的举止，我都还记忆犹新。

二、制定实施航天规划

1965年3月20日，周总理主持中央专委第11次会议，批准七机部的《1965至1972年地地导弹发展规划》(即八年四弹规划)。这一规划的实施使我国掌握了第一代液体弹道导弹和运载火箭技术。1975年开始酝酿讨论，1977年9月18日中央批准，我国确定了80年代前期战略导弹和航天技术的三项重点任务，即“三抓”任务。这三项重点任务的完成使我国航天科技工业跃上了新的台阶，航天活动的疆域从近地轨道扩展到了地球同步轨道，有些技术跨入了世界先进水平的行列。1985年开始酝酿，1986年3月国家批准，确定了研制新三星(东方红三号、风云二号、资源一号)、一箭(长征三号甲)和开展载人航天关键技术的预先研究，这使我国的航天技术由以研制试验为主转入以研制应用为主的新阶段。90年代中期，航天科技工业制订了“九五”计划和2010年远景目标，这对我国航天科技工业今后5年、15年的发展具有重要的指导意义。

刚好是第五个五年计划年代的中期，中国航天部确定了一个重要的规划，我或多或少都参加了制订与讨论工作，深感规划之重要。1977年11月，七机部党组决定让我牵头组织制订科技规划，当时组织了20多人的工作班子，要明确后三年、八年的计划目标，以及23年的战略目标设想，既要明确型号目标，又要注意专业技术发展和基础设施、手段的建设。通过实践，我深刻地体会到，要制订出一个切实可行又具有号召力、鼓舞力的规划绝非易事，需要花大力气，并要进行交换、反复、比较。

1978年8月1日，邓小平同志听取七机部的工作汇报，主要是规划工作，宋任穷、郑天翔、王纯、芮杏文等领导同志和我参加了会议。邓小平就国防科学技术同国民经济的关系、战略导弹与空间

技术的发展方针、技术引进、三线建设等方面的问题都做了重要指示，并指示军工部门要搞军民结合。他明确指出：我国是发展中国家，在空间技术方面不参加太空竞赛，现在不必上月球，要把力量集中到急用、实用的应用卫星上来。回眸小平同志这些重要指示，足见小平同志对航天科技工业的极大关注，对航天规划给予了明确而中肯的指示。

党和国家领导人邓小平、江泽民、李鹏、朱镕基、刘华清、邹家华等，都十分关心高新技术的发展，关心中国航天的规划。1986 年 3 月，小平同志在王淦昌、王大珩、陈芳允、杨嘉墀四位中科院学部委员上报的关于发展我国高技术的建议上批示："这个建议十分重要"，"此事宜速作决断，不可拖延"。同年 11 月，中共中央、国务院批准了《高技术研究发展计划(863 计划)纲要》。尔后在载人航天工程、运载火箭的国际商业发射服务以及应用卫星等项目中，都得到了党和国家领导人的关注和支持，为新时期航天科技工业的发展指明了方向。

三、对知识分子的关怀

几十年来，毛主席、周总理、小平同志、聂老总等，对航天系统的知识分子倾注了极大的信任、依靠和关怀。早在 50 年代，周总理专门向聂老总交待：钱学森是爱国的，要在政治上关心他，工作上支持他，生活上照顾他。周总理还多次讲到："我们为科学家服务好了，科学家就为社会主义服务得好。"周总理、小平同志等领导还号召党政干部当科学家的勤务员，聂老总在国防部五院的干部大会上讲："我自己就是个勤务员，我有志于当个科技工作的勤务员，为研究工作努力创造条件，保证科技工作者必要的工作、学习和生活条件。"当时的国防部五院党委也明确地提出了"为科研工作服务，为科技工作者服务"的口号。

在三年经济暂时困难时期，也正是我国自行设计的中近程液体弹道导弹及其他型号研制工作的关键时刻，由于物资匮乏，生活艰苦，科研人员的体质普遍下降。聂老总心急如焚，亲自出面向海军和北京、广州、沈阳、济南等大军区求援，请他们支援国防部五院一批副食品，并规定只分配给科技人员，聂老总还专门派陈赓大将去检查落实的情况。这就是后来所说的科技肉、科技鱼和科技豆，我是受益者之一，对此至今还历历在目。

说到对知识分子的关心、信任和支持，有两件事我一直铭记在心，也终生激励着我努力工作的责任感。第一件事是60年代初期，自行研制的中近程弹道导弹的液体火箭发动机在技术上还没有吃透，试车连续失败，当时确实感到压力大、责任重。在一天深夜，王秉璋院长给我打来了电话："任新民同志，聂老总让我转告你一句话，'在最困难的时候也就是快成功了！贵在坚持'。"处在当时境况下的我，是什么心情、什么滋味，没有亲历者很难体会，一种信任感、支持感油然而生，并化为巨大的动力。在这个电话后不久，经过努力，果不出所料，发动机试车取得了成功，技术关键被突破。几十年来，每当我遇到挫折和失败时，都要回味和咀嚼聂老总这句话，并讲述给周围的同事，增强我战胜困难的信心和勇气。第二件事是在"文化大革命"特定的历史环境下，经周总理批准保护了一批科技人员，我是其中的一个。那是1967年，为我年轻时加入过共青团后失去联系的事，到处贴满了我的大标语，并被抄了家，当时，我正负责发射我国第一颗人造卫星的长征一号运载火箭的研制工作，感到工作会难以开展，怕误事，我报告了当时的军管会，请求派人接替我的工作。军管会的领导斩钉截铁地说："你的工作是经周总理批准的，你照常抓工作，群众组织的工作由我们去做。"顿时一股暖流涌向我的全身，激励我更加全神贯注地搞好长征一号的研制工作。正是由于周总理的保护，不仅使我免受皮肉之苦，更主要的是使我没有间断技术工作，实为三生之大幸。

四、建立航天工业体系

早在1955年12月,我还在哈尔滨军事工程学院时,被指派参加陪同著名科学家钱学森参观哈军工的活动,院长陈赓大将专程从北京赶回哈尔滨接见钱学森,陈赓问钱学森的第一句话是:"中国人搞导弹行不行?"钱学森回答说:"外国人能干的,中国人为什么不能干?"陈赓大将开怀大笑:"好! 就要你这一句话。"这一场景至今我仍记忆犹新,在国防部五院时期,毛主席、周总理、聂老总为我们制定了"自力更生为主,力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果"的方针。实践证明,这是我国航天科技工业在当时国际环境下的正确选择,也是我国航天事业得以不断发展壮大的一个重要原因。

即使是在当时经济落后、技术缺乏和军事封锁的形势下,我们还是想方设法通过各种渠道争取外援,利用外国已有的科技成果。在现在改革开放的新形势下,国际合作、交流与引进的条件已经大大改善,充分利用这些条件,会加速中国航天的发展与进步。然而,不能"唯洋",也不能生搬硬套,必须在自行研制中融合和运用国外先进的、成熟的科技成果,注重建立中国独立的航天科技工业体系。我在与欧洲宇航界同行的接触中,他们都郑重地指出,西欧各国要建立自己独立的航天科技工业体系。法国空间研究中心的原主任达莱斯特对此反应更为强烈。

聂老总曾反复告诫我们:"尖端技术靠买是买不来的。"对此我有亲身的感受。1978年12月,我率中国宇航学会代表团赴美参观访问,美国国家航空航天局局长就明确地告诉我:"氢氧发动机是美国国家技术机密,不能看、也不能谈。"去日本时,人家也直截了当地讲:"H—2火箭不能与中国合作或交流。"去欧洲空间局时,他们的态度也很明确:"海尔梅斯号航天飞机、阿里安—5火箭、哥伦

布舱不能合作和交流。这充分地说明：你的技术没到那一水平，人家是不会与你交流与合作的。到后来，我们的长征三号火箭研制成功了，日本人和法国人都主动找上门来，研讨氢氧发动机的技术问题。通过实践，我也深刻地感受到，中国航天是能够走出一条适合中国国情的发展道路的。在改革开放以后，我陪同美国宇航界的同行参观我们的液体火箭发动机试车台，他们都很惊讶，感到很新鲜，异口同声地赞叹："中国人搞的有特色，也很巧妙。"因为美国、西欧各国、日本彼此都是技术上相通的，技术途径上大同小异，而我们是靠自己摸索出来的。

作者系航天工业总公司高级技术顾问

老五院初期的几点回忆

徐兰如

老五院建院40年了！回想1957年1月我到国防部五院报到，被派到六室工作，后来搬到长辛店，最后来到南苑，正好赶上全国“大跃进”。这一段初创时期的情景和当时那一股克服困难、团结奋斗的精神，至今回想起来还是兴味盎然。这里回忆几件小事：

(一)两发P—1弹

这是苏联制造的第一代液体推进剂的地地弹道式导弹。一发是供教学用的解剖弹，一发是完整的。据送弹来的苏联专家说，可以加注推进剂并初级点火。六室当时的主要工作是拿这两发弹练兵，首先是了解它的构造性能，然后按照它进行反设计。为此，就得将它拆卸开来测绘。

要拆卸一个直径近2米、长度近20米的导弹，需要一个相当大的工作场地。但是除了存放导弹的库房外，在院墙内找不到更大的厂房。这库房是两座小平房，内宽不足6米、梁下高度不足3.5米，一双轻轨贯穿着这两个房间，轨道上

有铁轮架车架着导弹，一间房内放一发。房内空地虽已不多，挤在里面还可勉强拆卸，但防磕碰、保部段安全成为要特别注意的问题。为了拆卸几个大部段，必须有吊车。把小吊车的支架在房内撑起来，吊钩升到最高位置还是低于部段的中心线！吊不起来，怎么办？幸好在两座库房之间有个 6 平方米的天井，把吊车架在这里，导弹架车在铁轨上来回推动，凑到吊钩下，部段就可以吊起来了！行啦，拆卸工作场地就定在弹库中。

全弹拆卸工作由徐兰如、谢光选领着六室结构组的设计员进行，并从空军请了两位机械师来帮助。这些人中谁也没有拆卸过这种导弹。虽然有个解剖弹可以细看，但还会有什么问题呢？大家共同研究拟定了拆卸工艺程序：先拆哪里，后卸哪个部件，卸下的部段、组件放在什么地方。为大部段做好存放支架；为小零件准备了包装纸袋，装入后要写明件数、编号。螺钉、螺帽、垫圈卸下后应成套拧在一起，再装入纸袋。

开始拆卸时，重要的部位由机械师老师傅先试拆，简单的部分则由结构组的人轮流干。我们这十来个二三十岁的中国技术人员，就这样小心谨慎、有条不紊地第一次把一个完整的弹道式导弹拆成零件、组件了！一共花了 10 天时间。

接着就由各专业组分别对负责的组件进行测绘、测试工作。结构组就在拆卸场地对大部段测绘草图；控制系统的仪表器件和电缆网由控制组拿回办公室去测试、绘图。全套发动机交给发动机组进一步拆开。按组件指定专人负责，用一般工具在钳工台上把大大小小 20 来个活门、减压器等一个一个拆开，成套拿回办公室测绘。

半年后，测绘工作完毕，原班人马再进行装配。请回来空军机械师，让他监督指导，不必动手，装配工作全由我们自己干。花了十来天时间，完完整整装回原样，零组件一个不缺，螺钉垫圈一个不少。除一根约 2 米长的细（空气）导管因调整形状断裂外，其他零组件没有损伤。最后用吸尘器将内部打扫干净，用细布抹净外面，一

个完完整整、干干净净的P—1导弹又雄踞在小库房中！六室的设计员大部分参加了这次拆装工作。现在回想起来，当时工作最活跃的有平惠民、杨殿生、傅轶青、黄昌国等人。

材料鉴定：测绘的图纸上，除画出正确形状、注明尺寸公差外，还应写上使用的是什么材料。为此我们请老二机部的第四研究所(即航空部的材料工艺研究所)协作。该所领导荣科和吴世泽带着人来看P—1的情况，任新民同志接待，我也参加。任新民说我们这里没有人搞材料，吴世泽指着我说，老徐就可以搞。因为1942—1943年间，我在重庆参加过一个金属热处理班，吴世泽在班上讲过课，全班在他主管的重庆21兵工厂热处理车间实习过，他当时在热处理的理论与实践方面有名。他这一介绍有可能与后来我被派去组建材料研究室有关。谈到如何鉴定这些导弹零件材料化学成分时，他们说还得用定量分析的老办法，一种材料最好取样半市斤，最少也得100克。微量分析的条件与技术还没有具备，有个看谱镜只能定性，定量不准确。因此决定由他们派专人来采取。隔几天取一次，先后约一个多月。到1958年初，分析化验结果陆续送来，由新成立的七室接收整理。后因1059的工作已开始，决定P—1不仿制，这些资料未再整理。

这两发弹在五院完成了历史任务后，把它们送到培养新生力量的岗位上再显风姿。解剖弹于1958年春送给哈尔滨军事工程学院，由徐兰如、吴中英、陈孝熊和物资部、保卫处有关人员押送交接。夜间在丰台军用仓库站台装入专用运弹车，哈军工七系主任戴其胜和苏联专家到站台看装车。运弹车挂在特快客车末尾，直达哈尔滨，夜间卸车，安全送入该系的陈列大厅。第二天早晨双方交接签字。

另一发弹于1958年夏送去北京航空学院。午夜以后，沿途断绝交通，让这个伪装好的庞然大物通过，到北航时已近黎明。副院长沈元等几位教授已在陈列大厅等待。我向他们介绍，这发弹虽经

拆卸测试过，但装配完清查过一件不少，除一根空气导管断裂已用胶布裹好外，其余无缺损。他们表示满意。

(二)全院赶译 1059 资料

1958 年 7 月，1059 的图纸资料第一批运到。全院立即组织翻译复制工作。按资料的内容分工，各系统所有材料的技术条件资料全归七室翻译，数量相当多，而且绝大部分是文字资料，翻译工作量相当大。当时七室仅有十几个人，精通俄文的不多，有点力不从心，但是大家很高兴地接受下全盘任务。一齐动作，各尽所能，不会翻译的就当后勤，互相鼓劲，一定要完成任务。刚刚报到的留苏学成回国的杨敬时、申荔旋、王曼霞、姜乃连，哈工大毕业的周万盛、吴廉亿等都发挥了很大的作用。分院派了十几位俄文翻译来参加工作。日夜兼程赶译，每晚自动加班到十一二点。我与姚桐斌同志则从材料技术与译文字句方面校改。当时老姚正患感冒，咳得很厉害，我们劝他休息，他口含甘草片压住咳，还是坚持审稿，大干到第三天夜里 11 点多钟，当时的管理处长高文澍同志带人捧着几盘切开的黑子红瓤大西瓜到办公室来说："钱院长慰劳大家来了！"钱学森同志笑着走进来和大家招呼："早点休息，明天再干吧！"大家停笔抬头看到这几位的满面笑容和听到亲切的声音，感到倦意顿消，很是高兴。吃了西瓜又接着干了一个多小时才回宿舍。赶译 1059 资料大干的情景至今还在眼前，写下来与当时一起工作的同志共同回味，也作为对姚桐斌、高文澍同志的怀念。

(三)上游二号

1958 年 9 月，"大跃进"之风已在全国吹起了。某星期日晚，刘秉彦副院长在 106 专家食堂与研究室的领导开会，他说："总部研究，为了海防，要控制沿海各岛屿间航道，需要一种射程 40 至 45 公里的火箭炮。"当场指定由我负责此项研制工作，各研究室派人参加。我当时提出请李乃暨、谢光选两同志一同工作，因我们曾一同在 724 厂研制过反坦克火箭弹和炮兵火箭弹。

两天内，二室派刘海涛、张忠仁，四室派邢球痕、吴一正、金宏猷、周太昌、张万钟等同志先后报到，开展火箭弹的设计。一室的龚雅芳、郭绍贤在谢光选指导下设计发射架。七室的谢永辉试制耐高温涂层，傅林祥管设计小组的技术保障。在一营门旁分院机关办公的四合院中，给了一间房作为设计组的办公室。

几天后，初步设计方案完成，随即向钱学森院长及其他院、室领导汇报。随后开始了技术设计。汇报后的第三天，钱院长来设计组询问进展情况，并做了具体指示。

这个弹叫什么名字?请示刘秉彦副院长，他说："前些日子搞过上游一号，这个就叫上游二号吧！"

全弹在211厂试制，设计组人员下厂配合制造、装配。当时的厂长马清藻，一车间主任康章河、二车间主任王本兰、十三车间主任王德，他们对生产的质量与进度都很关心支持。

发射药在245厂定制，李乃暨同志两次去该厂商谈，才取得合格的药柱。药柱运到211厂时，发动机的各零部件已制成。

固体发动机可以试车了！在长辛店后山建了个钢筋混凝土方墩作为试车台，以内径1.5米的混凝土下水道管作为测试掩体。第一个发动机的燃烧室未加耐高温防护，点火喷射近3秒时，燃烧室破裂。第二次试车，燃烧室内壁加了耐高温涂层，喷射3秒，燃烧正常，发动机完好，试车成功。

全弹试射，靶场选在兰州部队炮兵射击场，发射阵地在兰州北喜集水站。试验由徐兰如领队，队员有邢球痕、吴一正、金宏猷、张万钟、周太昌、郭绍贤、吴跃华、刘海涛、张忠仁、傅林祥等。万贤扬代表李乃暨参加。院机关派吴波管政治、保卫工作，对外称为试验政委；闵生管生活。211厂派了两个装配工人，由设计人员配合，在发射阵地傍山搭建的帐篷里将发射药装入发动机，装成全弹。试验过程中的警戒、通信、运输、交通全由兰州军区司令部派部队担任，试射之日军区张副参谋长、炮兵主任均来阵地观看。

上午8时许，试射第一发，点火、飞行均正常。前线观测所电话报告，火箭弹击中目标区，射程40公里。大家都面带喜色。休息后，试射第二发，点火后在发射架上爆炸。

清理爆炸碎片后，徐、邢、吴、万等四人去弹着区看第一发落点情况，试验队撤离靶场。

回北京后向林爽副院长汇报。他说："现在应集中力量搞1059，上游二号的工作即可结束。"设计组进行了总结后，人员各自回原单位工作。

作者系原四川航天局副局长兼总工程师

我国第一枚运载火箭飞行试验纪实

章本立

1960年11月5日上午9时2分28秒，在我国酒泉卫星发射中心，我国自行生产的第一枚运载火箭在一团烈火和巨大的轰鸣声中徐徐离开发射台，向着预定的目标飞去。9时10分5秒，弹头精确命中目标，运载火箭第一次飞行试验成功了！这是一个伟大的成就，是中国人民在中国共产党领导下，自力更生艰苦奋斗所取得的伟大胜利。它谱写了我国航天事业发展史上的第一页。

38年过去了，我国的航天事业从无到有，从小到大取得了举世瞩目的伟大成就，并进入世界先进行列。但每当我回想起参加我国第一枚运载火箭研制的情况，那一幕幕激动人心的场面使我永生难忘。

紧急命令

1960年九十月间，我国自行设计生产的运

载火箭正处于关键阶段。当时我作为国防部第五研究院第三设计部驻沈阳工作组的一员，承担运载火箭发动机研制中的设计工作，并以军代表的身份，对发动机的质量进行验收。1960 年 10 月 11 日，驻沈阳工作组接到北京紧急电令，命令我第二天立即回北京接受新的任务。军人以服从命令为天职，我怀着急切的心情告别了共同战斗两年的战友，匆匆地离开了沈阳。

10 月 13 日回到北京。下午设计部领导找我谈话，告诉我的新任务是去靶场参加我国第一枚运载火箭的飞行试验。这是党对我的极大信任，也是我多年来的心愿。

1958 年 10 月根据党的需要，我和 30 多名北京航空学院的应届毕业生来国防部第五研究院报到。刘有光政委接见了我们，并讲了话。他讲到了五院的性质、院的战略目标和最近几年的任务。刘政委语重心长地说："我国是火箭的故乡。我们是炎黄子孙。我们一定要用我们自己的双手研制出洲际导弹、人造地球卫星和宇宙飞船。为保卫祖国、保卫世界和平，为全人类作出更大的贡献。"刘政委的讲话使我们受到了极大的教育和鼓舞。我深深地感到任务的光荣、艰巨，并为能亲自参加尖端武器的研制工作而骄傲。从此，我下定决心为祖国的航天事业奋斗一生。

现在党派我去参加我国研制生产的第一枚运载火箭的飞行试验，这怎么不使我万分激动呢！

出 发 前 后

运载火箭的飞行试验是研制中最全面、最严格、最综合、最重要的一项系统试验。为了完成好第一枚运载火箭的首次飞行试验，总院组织了 120 多人的试验队。我们设计部参加试验队的有任新民主任、李伯勇、章本立等九人。

根据技术条件规定，发动机在参加运载火箭飞行试验前必须

完成发动机的典型试车。1960年10月17日，运载火箭发动机首次进行了90秒的典型试车。这天一早我和参试人员来到了发动机试验站。发动机已经安装在与地面成45度的试车台上，试验站的操作人员正按照指挥员的命令有条不紊地对发动机进行试车前的各种测量和检查。聂荣臻元帅、陈赓大将、张爱萍上将、安东少将亲自参加了这次重要试验。下午4点30分，发动机的测试检查工作全部完成，推进剂也加注完毕，控制中心发出了试验前的第一次警报，这预示着试车即将进行。

为了安全，我们撤出了试车台现场，站在离试车台500米以外对面的山包上观看。下午5时20分，控制中心发出了第三次警报。这时人们的精神状态一下紧张起来，我的心也加快了跳动。因为试车的成败将直接影响运载火箭的飞行试验。那么我国自己生产的发动机能否经得住长时间、高温、高压、高转速的考验呢？这是人们所共同关心的。虽然我参加发动机的研制已经两年，但参加发动机试车还是第一次，还不知发动机试车将是怎样一个惊心动魄的场面，这大概是心情紧张的另一个原因吧！

随着三次警报响过后，试车指挥员下达了启动发动机的命令。顿时从发动机推力室的喷口喷出了橙红色的火焰，发动机发出了震天动地的轰鸣。高温燃气强烈冲刷着用铸铁块铺成的试车台导流槽，400多公斤重的大铁块也被掀起抛出老远。火焰点燃了导流槽周围的野草，一只野兔被惊吓得四处逃窜、无所适从。有的女同志赶紧用手捂住耳朵，人们屏息地注视着金蛇狂舞般的火龙。5秒、10秒、50秒……随着试车时间的增长，人们的心情也逐渐放松，90秒后发动机关车，我国运载火箭发动机首次典型试车成功了，山坡上响起了热烈的掌声和欢呼声。聂荣臻元帅即席发表了简短的讲话，热烈祝贺发动机首次典型试车获得成功，并预祝同志们取得更大的胜利。

次日凌晨3时，试车后的发动机进行了分解检查，全部零组件

均正常。这证明我国发动机的质量是好的，可以参加运载火箭的飞行试验。1960 年 10 月 19 日，首批两发运载火箭总装测试合格，国防科委和五院的有关领导听取了各系统的详细汇报并批准这两枚运载火箭可以参加飞行试验。10 月 20 日晚 8 时半，全体参试人员登上装载运载火箭的专列待命出发。

在列车上

装载两枚运载火箭及部分仪器、地面设备、特种车辆，以及参试人员的专列，由 18 节客、货和特种车混合编组而成，由 20 多名全副武装的战士押运。10 月 23 日凌晨 4 时 40 分，专列向着遥远的目的地进发。

试验队的领队是老五院科技部部长耿青同志。试验队的全体工程技术人员，除少数 40 多岁年长一些的专家外，大部分是刚从大学毕业投身于祖国航天事业的年轻人。列车在向前奔驰，但我的心却久久不能平静。

从到五院报到时起，我完全被这壮丽的事业所吸引，工作是那么新鲜而具有魅力。1958 年 10 月到 1959 年 2 月我参加了运载火箭发动机图纸资料的翻译、复校工作，并通过学习、消化，为下厂生产作技术准备。工作是紧张的，晚上经常加班加点到深夜。1959 年 2 月到 1960 年 10 月我一直在沈阳参加运载火箭发动机的生产试制工作。

我部驻沈阳工作组的全体工程技术人员，工作非常繁重，我们既是设计代表，负责解决试制中发生的技术问题；又是作为军方代表，肩负验收产品的责任。同时为了早日把运载火箭发动机试制成功，我们都身兼数职，当时称之为八大员：即设计员、工艺员、检验员、调度员、材料员、工具员、资料员，外加搬运员。我们与工厂的干部、工人并肩战斗，为了攻克技术难关，我们与他们一起吃住在车

间，送走了无数个不眠之夜，又迎来了多少个灿烂的黎明。

1960年3月初，厂方决定以实际行动向"三八"国际劳动妇女节献礼，我与涡轮泵车间的师傅们连续苦战三昼夜，没有离开车间一步，终于在1960年3月6日装出了我国第一台运载火箭的涡轮泵，3月8日装出了第一台发动机样机。为此我曾荣立二等功一次，并出席了0681部队群英会……

现在我又受党和同志们的委托，去参加运载火箭研制中最后一关——飞行试验，我既感到任务的光荣，又深深感到责任的重大。我反复在列车上沉思，怎样才能更好地完成这一光荣而艰巨的任务呢？

胜利到达

经过五天五夜的长途行军，专列于1960年10月27日下午13时20分安全到达了酒泉卫星发射中心。

酒泉卫星发射中心地处戈壁大漠之中，地理气候环境比较复杂，缺水严重，夏天白天热得汗流浃背，晚上却冷得使人发抖。进入10月，晚上气温达到零下20至30摄氏度。1960年正是三年自然灾害期间，基地副食供应极其短缺，主食吃的是黑面馒头、窝窝头，其困难之大一般人是难以想象的。但就是在这样艰苦的条件下，广大工程兵指战员，战天斗地，住帐篷斗严寒，硬是在这渺无人烟的戈壁沙滩上用两年多一点的时间建成了一座初具规模的现代化的卫星发射中心。发射中心的同志们也在同样艰苦的条件下，完成了我国运载火箭飞行试验前的一切准备工作，他们所作出的成绩和贡献，深深地教育和鼓舞了我们。

我们到达基地的当晚，基地举行了盛大而热烈的欢迎大会。会场是在工程兵的食堂兼会场的工棚中。会后，前中国人民志愿军火线文工团为试验队进行了精彩的演出。

10月28日，运载火箭在技术阵地开始进行水平测试。11月3日，运载火箭水平测试完成，表明火箭经过长途运输一切正常。运载火箭装上胶轮转运车，准备向发射阵地转移。

节外生枝

当火箭在技术阵地水平测试即将结束时，11月1日中午12时50分，我国第二台运载火箭发动机典型试车进行到55秒时氧化剂泵发生爆炸。氧化剂泵盖上的18个螺栓全部拉断，泵盖飞出30米砸在试车台观察间的墙上。

当晚11时30分，基地的试验队得知这一情况后，以任新民主任为首的发动机组有关人员连夜举行了会议。当时十一所在基地的参试人员中，从事涡轮泵研究工作的就我一人。我感到形势逼人，压力很大。要害的问题是，由于发动机典型试车涡轮泵爆炸，火箭还能不能按计划发射?这不仅是个重大的技术问题，而且是一个严肃的政治问题。

1960年7月16日，赫鲁晓夫集团背信弃义，片面撕毁了合同，撤走了专家。当时我国又遭到严重的自然灾害，国家在这种最困难的时刻为研制运载火箭集中了大量人力物力。敬爱的周恩来总理和聂荣臻副总理在日理万机的情况下亲自主持会议，及时研究解决运载火箭研制中出现的问题。全国有数千家工厂，十多万名工人为运载火箭的研制而日夜奋战。如发动机的推进剂液氧、百分之九十二的酒精和过氧化氢，当时我国都还不能进行大规模的工业化生产。为此燃化部专门建立了工厂进行试制，并按时提供了合格的推进剂。冶金工业部为发动机提供了各种规格的金属材料。机械工业部、建材部、化工部、纺织工业部等都为发动机提供了各种机电产品：轴承、橡胶密封材料、各种润滑剂、特种油漆、防热玻璃棉、玻璃布、橡胶石墨制品等等。特别是直接从事运载火箭发动机

生产的国营黎明机械厂五分厂的全体同志，更是克服了重重困难，全厂上下团结战斗才创造出来的。可以毫不夸大地说，我国运载火箭是全国社会主义大协作的成果。它凝结着千百万人的辛勤劳动，寄托着中国人民的希望……此时此刻怎能不使人感到责任重大、心情紧张呢！

当任新民同志传达完试车情况已是凌晨1点了。接着由我向任主任和试验队的领导汇报了氧化剂泵的结构特点、设计要求和生产中出现的问题。并初步分析了氧化剂泵轴承爆炸事故产生的可能原因。根据我国生产的发动机多次校准试车和典型试车的情况来看，发动机涡轮泵有足够的可靠性，建议仍按原计划进行飞行试验。最后经同志们反复认真地讨论，并报试验队临时党委批准，决定飞行试验按原定计划进行。但我的心一直处于高度的紧张状态中。

胜利的喜悦

1960年11月4日，运载火箭转运到发射阵地。从晚上开始，一切按飞行试验计划进行。运载火箭首先从运输车上吊到起竖托架车上，然后给火箭装上弹头，再把火箭竖立在发射台上，展开托架上的三层平台，开始对火箭进行垂直测试。垂直测试合格后开始加注推进剂、称重、安装火工品等。

11月5日凌晨6时，指挥员下达了三小时准备的命令。参试人员和各种车辆按计划逐步撤离发射场。我们也撤到离发射台后方3000米左右的敖包山上。从敖包山上看去运载火箭像一颗绿色的宝石镶嵌在银色的戈壁沙滩上，经晨光照射，闪闪发光，真是美不可言。我国航天事业的第一个初生儿将从这里起飞。

聂荣臻元帅亲临飞行试验基地指挥这次具有历史意义的飞行试验，并亲自为首次飞行试验剪彩。参加这次重大试验的还有火箭

技术专家钱学森，中国人民解放军工程兵司令员陈士榘上将等，他们坐在试验场飞行控制中心。上午9时左右，火箭发出一声轰鸣，发射台周围喷出一股白烟，火箭慢慢地开始离开发射台垂直上升。从发动机喷管中排出橙红色的火焰极其壮观。数秒钟后运载火箭开始向西拐弯按预定的弹道向目标飞去。当运载火箭飞行进入同温层时，大气经高速物体的扰动出现了白色的尾迹。火箭越飞越远，连视力再好的人也看不见了。但沿途各观察站通过电波源源不断地向指挥中心传来报告："发现目标，飞行正常"，"发现目标，跟踪良好"……不久，弹着区传来报告，弹头命中目标。我国运载火箭第一次飞行试验成功了。

飞行试验成功后，当天晚上在基地举行了盛大的庆祝宴会。聂老总发表了热情洋溢的祝词。人们都沉浸在胜利的喜悦之中。在弹着区尚未报告命中目标之前，我还是放心不下，当听到命中目标的喜讯后，我的心才像一块石头落地。那时我的喜悦心情是无法形容的，和同志们一起欢呼、跳跃。我们胜利了！这充分说明中国人民是不可战胜的。任何艰难险阻，也阻挡不住我们从胜利走向新的胜利。

作者系一院11所副总工程师、研究员

地空导弹研制初期的几个片断

刘 从 军

十五根火药柱

从 1960 年起，我国开始进入三年困难时期。国内，我们遇到了前所未有的自然灾害。政策上的某些失误，更是雪上加霜，原苏联背信弃义，撕毁了已签订的合同，撤走了专家，美国不仅对我们封锁禁运，而且支持台湾蒋帮政权，不断派遣各类侦察飞机，进行骚扰侦察。在这艰难的时期，我人民空军英勇作战，多次击落U-2高空侦察机，RS-S7侦察机和高空侦察气球，屡建战功。这样一来，老式侦察机不敢窜扰大陆了，美蒋又推出了最新式的高空高速侦察机SR-71间谍机。由于它们性能优越，我国当时的武器装备很难有效地对付它。面对这种形势，上级领导部门要求对地空导弹研制部门配合空军尽快采取应急措施，改进现有的地空导弹。

任务下达后，我们决定改进红旗一号地空导弹。经过分析计算，并会同作战使用部队提出了各种改进方案，其中最重要的一项就是扩大导弹的作战空域。就是说，要提高导弹的飞行速

度，延长作战斜距，提高射击高度。为此，需要提高一级固体燃料发动机和二级液体燃料发动机的性能，同时制导系统也要作相应的改革，以提高命中精度和抗干扰能力。

红旗一号地空导弹的一级发动机（俗称助推器）采用的是装填式双基火药柱，每台发动机装火药柱 14 根。如果能在发动机壳体等结构件变动不大的情况下，多装一根或两根火药柱，就会使推力增大。理论计算表明，发动机壳体的强度足够，完全可以增加药量，结构空间经过调整完全可以增加药量。但必须改变原来的装药架和药柱装填方法。改动虽小，却遇到了一连串的困难：导弹的固体燃料发动机的推力有 40 多吨，因为多装药，推力加大，就可能在点火时出现爆炸事故；当时没有固体发动机试车台，点火试验要冒很大的风险；甚至到哪里去找固体发动机壳体还没弄清楚。

天下无难事，只怕有心人。这些有心之人就是今天已年过半百而那时却是充满朝气、风华正茂的地空导弹设计师们。没有新的发动机壳体，我们找了一些发射过，但未损坏的发动机壳体代替。缺少新的火药柱，就重新加工修复原有的火药柱。与此同时，我们因陋就简，在京郊燕山脚下的小水库边，建了一个简易试车台。为确保安全，在“试车台”周围用上百条草袋装满了沙子，筑起了防爆墙。可贵的是这一切都是我们几十个年轻的工程师做的。我们中间谁都不是搬运工，更不是泥瓦匠。这件事回忆起来让人感到后怕。因为那是在和几百公斤的大炸弹打交道啊！

6 月的北京，昼长夜短。为了确保安全，点火试车的前一天晚上，我们连夜对发动机壳体做强度试验。试验做完，天已快亮，我们 20 几位工程师劳累了一夜，但个个仍然精神抖擞，毫无倦意，试验一完，就把几百公斤的钢质发动机壳体迅速装车。

我们的车队由南郊驶向北郊的燕山脚下。到了目的地，我们立即着手卸车，头顶烈日，肩扛手搬地把发动机用大螺栓固定在

台子上，把15根火药柱装到壳体里，并展开测试仪器，架好通讯指挥设施，把安全措施部署好。一切刚就绪，已日落西山了。这时，大家才注意到，试车台旁就是一池清澈见底的湖水，山影倒映其中，看着都感到凉快，要是跳下去洗个澡该多好！但是谁也没有这个心思。我们想的是多流汗，部队就多一次胜利。只听指挥员一声号令，全体参试人员各就各位，等待点火的命令。

点火的口令刚落，发动机喷出十多米的火舌，发出轰隆隆的巨响，在山谷里回荡起来。“成功啦！成功啦！”大家异口同声喊出了内心的喜悦。

从此，我国的第一代地空导弹的一级固体发动机就开始装了15根火药柱。

38年过去了，每当我回忆起这件事时，总感到国防部五院的人，心里有大目标，干劲足，有朝气，能吃苦耐劳，团结协作好。我尤其忘不了空军的文绥同志，那时他是空军高炮部处长（后任空军副参谋长，1998年去世），他不仅下令支援我们试验器材，而且亲临现场指导工作，给我们打气。我们强度研究所的同志不仅协助作理论计算，而且带着测量仪器参加试验。“自力更生，艰苦奋斗，团结协作，互相支援”，这就是我们试验成功的法宝。

两份专家建议书

人所共知，中国是火箭的故乡，但后来落后了，却要向别人学习如何造火箭。求人难啊！那是在1959年，我是火箭结构室副主任。从原苏联来的火箭结构图纸资料都在我们这个室，各种零部件图纸都经过我们翻译校正，复制并下厂开始生产。可就是有一种7公升容积的高压气瓶在全国还未找到生产厂家，成了非常棘手的问题，我们思想压力很大。

我组织设计师李耀民、徐志毅等人攻关。他们走南闯北，历

尽艰辛，在冶金工业部支持下终于在鞍山钢铁公司试制成功所需的高强度合金钢管。他们又亲自押着卡车把钢管送到抚顺市一家只有百十人的安全仪器厂，进行高压气瓶的试制。当时，正是关外的隆冬季节，寒风刺骨，但是李耀民他们从钢管装车、押车、卸车全是自己干。一种强烈的事业心、责任心和国防意识，驱使着我们自己培养的年轻技术人员奋发拚搏。

一批小气瓶很快试制出来了，他们兴高采烈地把它们运回北京。经过各种试验，产品性能比进口的样品高出许多。为此大家都很兴奋，因为那时导弹的总装配是万事俱备，只欠气瓶，它解了燃眉之急。

然而，那时老五院（国防部第五研究院）有个苏联专家写建议书的制度，苏联专家有什么建议都可以以建议书的形式向中方正式提出。我们要使用这批气瓶当然要告诉我们研究室的专家。可那位专家怎么也不同意使用。而且填写了一份建议书。他写道："建议中国政府向苏联政府提出订购制造气瓶的全套自动化生产线。"他再三说我们中国制造的气瓶不合格，而且还详细地介绍了苏联斯维德洛夫市的气瓶生产厂的工艺、规格等。他的建议使我大吃一惊，如果从苏联引进生产线，还要建设工厂，那么我们的火箭不知何年何月才能制造出来。我理所当然地没有采纳他的建议。我一边把建议转呈给上级，一边行动起来，组织人员把自己的气瓶往整机上装配。

由于我未听专家的建议，这下子捅了"马蜂窝"。五院专家组长米廖申亲自给五院领导写了一份建议书要求撤我室主任的职。五院的领导王秉璋亲自让秘书给我打电话允许我们使用。因为自力更生的思想和按科学规律办事的原则，在五院上下都是非常一致的。

用导弹改制靶机

1968年，那正是动乱年代。就在这一年，一种新研制的中高空地对空导弹即将进行定型飞行试验了。但嚷嚷了好几年的高空高速靶机连个影子都没有。找谁去要？向谁写报告？在那种乱哄哄的年月里，谁还能顾及这种问题。即使个别领导人，个别有关单位关心这件事，但这不是小事，要开会，要协调，要投资，要论证方案定指标。因而谁都知道是急事，谁都没办法落实。只有我们自己干。

当时我是研究所长，组织技术人员论证后，认为用红旗二号地空导弹改成靶机（靶弹）是唯一多快好省的技术途径。初步设计方案出来以后，我们找了工厂，找了试验基地征求意见，他们都非常支持。

说干就干，技术人员和工人日夜奋战在生产第一线。靶弹上要装一种叫做自毁装置的设备，实际上就是一个小炸弹。这个装置的作用是万一导弹没有把靶弹击落，该装置就起爆，把靶弹炸成碎块，以免给地面造成杀伤事故。可是上哪里找合适的“炸弹”？还是我们自己干，工程师靳殿忠同志自告奋勇地承担造“炸弹”的工作。他和几位同伴弄来“炸弹”外壳、炸药、雷管等器材开始制造。有一天我到靳殿忠的办公室去，一进门我大吃一惊，他们几个人居然在办公桌上用手工的办法给“炸弹壳”装药。他们就是用这种对国防事业无限热爱的精神，硬是做出一批安全自毁装置，装进了靶弹。

飞行试验基地的周顺仁主任、齐全信副主任，以及基地一站的同志们对我们这种自力更生的精神当然非常支持。他们为组织用新导弹拦截高空高速靶弹的试验付出了许多心血。例如为发射靶弹开辟了新的发射场地。茫茫戈壁时而飞沙走石，时而日晒火

烤一般。他们为试验做了大量工作。

飞行试验终于在极端困难的条件下开始了，靶弹发射正常，呼啸着按预定程序，在高空转入平飞，飞行速度 1300 米/秒；导弹的制导站截获目标，跟踪正常，导弹快速向目标飞去。随着一声巨响，靶弹被击落。该靶弹是发愤图强精神的硕果，因而被命名为“图强一号”。

自力更生攻克难关

1970 年新研制的高空远程地空导弹红旗三号正在基地进行定型试验。红旗三号是针对美国新的间谍机SR－71研制的新导弹。它的技术指标比较高，抗电子干扰的招数也比较多。仅就高度而言，它可以打到 30 公里。定这个高度是因为当时美国再三声称SR－71能飞三倍音速，最大高度可以到 30 公里（事实上后来证明其最大飞行高度也不过 24 公里）。

定型试验一般要打十几发甚至几十发导弹来检验导弹在杀伤区各边界点的杀伤概率。当时由我带队进入试验基地进行试验。试验结果时好时坏。有时脱靶量很小，几乎可以撞掉目标，有时，特别是二十二三公里高度以上脱靶量很大，达到 150 米以上。怎么回事？经过各种理论分析、模拟和计算，大家认识比较一致了。认为导弹飞到 20 多公里以上时，各控制舵面的效力下降，导弹偏离弹道时难以纠正回来，更严重的是弹体各部位的质量沿径向分布不均匀，会导致这种偏离更加严重。而且这种偏离是摇摆式的，如果摆回到理论弹道时，正好与目标遭遇，那么脱靶量就小，反之就大。可是，分析归分析，模拟归模拟，到底我们这种导弹的质量分布沿径向是否真的不均匀？哪个方向多，哪个方向小？这需要在导弹上找到准确数据。

可是，不要忘记的那是 1970 年的夏季，全国乱哄哄的，无政

府主义泛滥，谁也管不了谁。我带的试验队已经在基地工作了一个月。试验不顺利，生活艰苦，一天只有六角钱伙食补助，一百多人的队伍，不辞而别走得只剩下二十来个人。在没有办法的情况下，还是自己动手救自己。我组织工程师杨安生，请了基地刘工程师，我们三个人，利用各种器材，做了一个非常灵敏的称重设备。我们把几百公斤的导弹水平悬挂在类似秋千一样的大铁架下，分四个象限进行称重。反复做了很多次之后，发现的确质量分布有问题，而且我们能确定在哪个象限，有多重。

理论分析计算和实践验证之后我们采取了相应的措施。以后的飞行顺利了，红旗三号定型了。几十年的实践告诉我们：人做什么事情都要自信，要有责任心，有了这两条没有做不成的事。

作者系二院原院长、研究员

导弹事业在上海的初创和发展

蒋　通

1961 年 8 月，党中央、国务院根据导弹工业发展的需要，决定组建上海市第二机电工业局(即现在的上海航天局)。在中央军委和国防科委的统一规划下，国防部第五研究院向上海机电二局提供了大量援助，不仅派出专家来上海帮助进行基地建设规划，而且还作了包括建设资金、技术力量、器械设备等各个方面的有力支持。下面，我想就我所知道的老五院对上海基地的建设的支援历史情况作一个简要回顾。

一

1961 年初夏，我作为 543 弹上无线电系统主任设计师，在成都 719 厂工作。同时，因工作需要我还兼任 719 厂的副总工程师。到 11 月下旬，二分院科技部副部长孙立中同志从北京打来长途电话，传达了五院领导指示，要我立

即回北京接受任务，准备去上海。回北京以后，12月初的一个晚上，二分院副院长钱文极同志找我和吴中英同志开会，告诉我们：上级决定由他负责带领五院的一个专家组，包括一、二分院的有关技术人员一共30多人，赴上海帮助筹建新的导弹试制基地，制定发展规划，要我们两人作为他的主要助手，随同前往。过了两天，五院副院长王诤同志召集专题会议，具体布置去上海的任务。参加会议的一共五个人，除了二分院的钱文极、吴中英和我以外，还有一分院的副院长屠守锷同志和七室主任姚桐斌同志。

王诤副院长向我们传达了上级的精神，并交待了这次五院派专家组去上海的目的。要求我们到上海去，帮助把他们的计划规划好，要突出一个特点，就是要把上海搞成一个中间性的试制基地，一个综合性的科研、试制和小批生产的基地。试制基地各厂的工装系数不需要像批生产那么高，但技术力量要比较强，要灵活，工作效率要高。根据王诤同志当时所说的设想，上海基地一旦建成，主要的任务是搞样弹和小批量生产，经打靶定型后就把生产图纸和关键工艺资料、关键工装移交给批生产的基地，而试制基地则转而搞新的型号。这样，上海这个中间性的工艺试制基地将成为我国导弹研制的一支极其重要的力量，也可以说是一支尖兵。上海有没有条件做到这一点呢？王诤同志作了详细的分析，他把上海的特点归纳为五个字：一是"老"——上海是个老工业基地，基础和实力比较雄厚；二是"高"——上海的工业水平在全国来说相对比较高；三是"全"——上海的工艺行当、技术工种比较全，协作非常方便；四是"集"——上海整个地区不大，工厂比较集中，便于管理；五是"爱"——上海市的领导对发展新技术和导弹事业比较热心，非常喜爱。王诤同志指出：上海的五个特点，实际上是五个优点，这些优点十分有利于发展技术要求高、工艺比较复杂的尖端工业。因此，在上海开辟新的导弹研制基地是大有前途的。

听了王诤副院长的讲话，我们都深受鼓舞。抱着一定要帮助上海的同志把新基地规划好的强烈愿望和坚定决心，打点好行装就向上海进发。

二

1961年12月初，我们到了上海。

到了上海的时候，二局正在搭班子，一切都在规划筹建之中。陪同我们专家组活动的是二局技术处正副处长赵世恳和闻尧两位同志。为了做到心中有数，使基地规划切实可行，我们首先下厂参观，开座谈会，了解情况。掌握了第一手资料后，我们进行了反复的讨论、研究。当时初步设想，上海基地只规划搞导弹，地面设备和制导站没有列入规划。在机电二局直接领导下有四家工厂：（1）新新机器厂，由新中动力机厂和新民机器厂组成。下设三个分厂，分别承担制造弹体、发动机、包装箱和发射装置；（2）上海广播器材厂，承担制造无线电控制瞄准仪；（3）上海有线电厂，承担制造近炸引信和弹上变流机；（4）上海仪表厂承担制造自动驾驶仪。另外还有机电一局、仪表局、冶金局、化工局等所属的四十多家工厂为它协作配套。据此，我们围绕上述几个厂（新新厂三个部分，根据我们的建议后来划分为新江、新民、新新三个厂）参照上海同志的意见，对上海基地的导弹研制规划、工厂设置、任务分工、关键工艺、重点设备等各方面，提供了一系列建议和设想。最后，由钱文极同志代表专家组向上海市委作了汇报。

1962年春节前，我们完成任务回到北京。我们回北京之后不久，五院王诤副院长又带领一部分同志到上海去。王诤同志这次去上海，口袋里装着1000万元，聂老总、国防科委授权给他对上海基地进行投资。这是五院对上海基地的第一次投资，以后五院

又陆续对上海投资。我记得光是新江厂的建设，五院前后就投资约 3000 万元，其他如新华、上有、上仪等厂也都有五院的投资。这些投资使得上海基地较快地建设发展起来了。

到了 1962 年四五月份，五院又派出了以五院副院长周维同志为首的大型代表团去上海。周维副院长等来上海后，正式与上海达成协定，取消原来各厂搞导弹的设计科，由五院向上海基地各厂派出技术干部组成驻厂工作组，并与原来各厂设计科的同志共同组成各厂设计师室，设计师室的负责干部一般由五院和厂里各出一名。同时为了更好地进行全面指导和协调，在二局设立了副总设计师室，五院二分院派出了黄启珍、刘宝棠两位同志负责。大约在 1962 年夏天以后至 1963 年年底前这段时间里，就由他们代表五院在二局负责总抓各厂设计师室的技术协调工作。

就这样，在上海基地的初创时期，五院从型号规划、基建投资和技术指导等各个方面、都对上海基地作出了有力的支持。从此，上海基地在型号研制上，实际就逐步纳入了五院的建制。

三

1963 年 7 月，成都 719 厂承担的试制任务已经完成，我于 8 月初回到北京。当时，由于上海基地的仿制工作已全面铺开，原先五院派到上海的有关同志对型号工作有些不适应，困难较多。因此，五院领导决定派我作为五院的技术总代表和型号总设计师（钱文极同志）的总代表驻上海，又将黄启珍同志调回北京。

我原本是主管弹上无线电系统的，对弹体、发动机、自动驾驶仪等专业并不熟悉。为此，院领导安排我于 10 月下旬先去沈阳的三家对口厂讨教，用一个月的时间对几个产品的情况作个概略的了解，以取得点初步的发言权，然后前往上海接手工作。

1963 年 12 月底，我到了上海。五院二分院钱副院长为此先到

上海，他介绍我和当时二局的领导肖卡、张煜等同志见了面，并就我在上海的具体工作和住处等问题作了安排。由于当时的局总工程师印均田同志生病长期住院，我实际代他负责二局有关型号设计方面的工作，同时还兼任新江厂的副总工程师职务。

我在局副总设计师室的主要工作，一是抓各厂的技术协调；另一是作为设计方总代表，负责对图纸作出解释。遇到各厂的设计师室与生产部门发生不一致时，作为上级作出仲裁，以及为局长作技术上的参谋。在这一段时间内，我们经常深入基层，发现问题及时解决。特别是新江厂，由于我还在那儿兼了职务，因此我每月都要去两三次，每次在那里住两三天。因为我们经常深入基层，所以能够及时地发现技术问题，及时解决。比如在1965年初，新江厂把弹上主要的舱——第四舱开错了窗孔的部位。我们发现了这个情况后，当即向正在新江厂"四清"蹲点的肖卡局长汇报，连夜又把张煜副局长找来开会，研究处理的措施。

我在二局工作的这段时间里，各个厂的设计师室有了进一步的发展，一般均已有40人左右。这些人中间大约有一半是五院派出的。为了加强和健全领导，五院还向各厂设计师室专门派了政工干部。实际上当时各厂的设计师室也都纳入了五院的建制。

当时二局所属的几家工厂原本都是上海的骨干厂，力量相当强，但究竟都是从民品转过来的，原有技术力量也都是改行过来的，开始时对导弹技术有些陌生是势所难免。因此，在试制初期由五院派来的技术队伍是起过一定的作用的，他们与上海的同志齐心协力，紧密合作，为解决试制中的难题，常常是日以继夜，发挥了很大的干劲，从1963年中至1964年底完成了先锋批的试制，其进度之快是超出了预计的。

1964年底，上海试制的先锋批样弹已基本完成，1965年初二局总工程师印均田同志也病愈上班，因此，1965年春，院里就把我调回了北京，负责组建24所。

随后不久，在1965年5月召开的“五·二五”会师编队会议上，原先纳入五院建制的上海基地（包括下属各厂）正式明确划入了二院的建制，二局局长肖卡同志兼任二院副院长，二局党委书记艾丁同志兼任二院党委副书记，二局总工程师印均田同志兼任二院二部副主任。同时，为了加强上海基地的设计研制力量，五院又把五个研究所迁来上海（我也随24所一起到上海工作）。从此以后，上海和北京的纽带连得更紧了。

通过以上简单的回顾，我们可以看到，在二局初创时期，五院对上海基地的支援是积极、有力和多方面的。在上海和五院同志的共同努力下，上海基地在初创时期发展很快，不但在短期内就搞出了地空型号先锋批样弹，同时设计和工艺队伍经过实际锻炼也逐渐成熟了，这些都为今后的进一步发展打下了良好的基础。

作者系上海航天局第八设计部原科技委员会主任

自力更生发展我国的固体火箭事业

邢 球 痕

研制先进优良的固体火箭发动机，是发展航天工业的一个重要方面。早在1956年10月国防部第五研究院刚刚成立开始，我国在全力以赴发展液体导弹的同时，就十分重视并着手现代固体火箭技术的开发。从成立固体推进剂研究小组开始，到1962年成立固体技术研究所（航天工业总公司第四研究院前身），到1965年创造了固体火箭发动机的基本研制条件。回顾我国现代固体发动机的研制，是完全依靠自己的力量，艰苦奋斗，大胆探索，从无到有，从小到大，逐步发展起来的。

经过四院广大干部职工30多年的不懈努力，我国固体火箭事业取得了很大成绩，固体火箭发动机已广泛应用于我国研制的各类战略、战术和宇航型号。30多年来，四院先后为航天事业提供了近30余种型号50多种固体发动机，其中通信卫星和返回式遥感卫星上所用的远地点发动机，发射成功率均为100%，并分别

获国家金奖和银奖。我国第一颗试验通信卫星用的远地点发动机，将卫星准确地推入同步轨道，使定点精度达到了世界水平。

创 业 不 怕 难

老五院建立之初，中央领导同志就决心开发现代固体火箭技术。当时由路九牧与李乃暨两位同志率领一支初建的专业队伍，离开北京去西北搞协作开拓。这支队伍不到百人，学过火箭发动机专业的几乎没有。60年代初期，技术人员掀起了学习专业的热潮，真是挑灯夜读，废寝忘食，业余学习成风。那时，这支队伍没有研制经验，只能边干边学。开始研究抓不住重点，结果战线拉得很长。由于经验不足，在1962年研制工作中不幸发生了爆炸事故，夺去了四位同志的宝贵生命，有两位同志负了伤，付出了血的代价。1963年薛伟民同志调来四院任政委，党委提出“集中兵力打歼灭战”的办法缩短了战线，并确定先从一种小型的固体发动机搞起。同志们总结了经验教训，逐步摸索解决了复合推进剂的配方、工艺以及装药裂纹、燃烧不稳定等技术问题。1964年在祖国北部的一片荒僻沙丘上开始建设新的研制基地，为研制第一代固体发动机拉开了战幕。在基地建设中，国家从人力、物力、财力上给予了极大关注和支持。创业是艰难的。为了解决临时住房问题，自己动手打土坯，盖起了几十栋“干打垒”，为改造荒原，种了几万棵树。基地职工参加了挖土方，运水泥，采购材料等大量基建劳动。经过长达八年的努力，到1972年底，基地陆续具备了从研究设计到试制试验的一些条件。在基地建设的同时，1967年就开始了潜艇运载火箭第一、第二两级固体发动机的研制工作。该型号使用条件苛刻，技术指标要求高，安全要绝对可靠，否则一旦固体发动机发生事故，将危及上百名同志的生命安全。研制这样的发动机，对新基地的确是一次严峻的考验。决心要把发动机搞出来的广大职工团结奋战，排除干

扰，艰难地前进。负责全院技术工作的杨南生同志奔走于各厂、所、站，推动研制工作一步一步地发展。359厂组织攻关队，昼夜倒班，苦心钻研，执行按小时调度计划，经过几十个日日夜夜，最后攻下了金属壳体的加工和强度关。389厂用胶化机混料时发生过两起爆炸事故，一次造成胶化机厂房和设备全部报废；一次导致车间副主任王林同志不幸牺牲。但就在这种情况下，同志们没有被挫折、危险所吓倒，他们总结了经验，重新创造条件，改善安全措施，改进装药方法，不断摸索并逐步完善了小口浇药等工艺技术，最后圆满完成了发动机装药任务。在研制发动机的推力方向控制及高空模拟试车等技术时，碰到很多困难，造成多次试车失败，技术人员认真分析了原因，改善设计，突破了一个又一个技术难关，终于试制出优质可靠的发动机，按时交付飞行试验。1982年10月16日，电波传来我国在预定海域水下发射运载火箭成功的消息，全院职工无不欢欣鼓舞，因为其中包含了四院全体同志艰苦奋斗20多年的心血。10月21日，中央军委副秘书长张爱萍同志在大连接见四院参试的领导同志时赞扬了我院同志敢想敢干，制造出我国新型的火箭发动机，为这次水下发射运载火箭的成功做出了贡献。这对我院全体同志是一次极大鼓舞。1983年12月25、28日两天，当我院两种综合试验发动机试车获得圆满成功后，中共中央、国务院、中央军委发来《贺信》，给予了高度评价，指出这次试车成功标志着我国航天事业进入了新的阶段，号召四院全体同志为加速我国固体事业的发展再立新功，这是对我院同志的特殊奖励，是航天工业发展史上难忘的纪念。

攻关不畏险

第二代固体发动机是在秦岭山区的深谷中进行研制的，这是一种新型的大型发动机。张爱萍副秘书长在大连接见时指示说：

“搞出新型的大型火箭发动机，这是我梦寐以求的。有了这个东西，我们的远程机动就好办了。要抓紧搞。”1975 年以来，我院就开展了单项预研，成功地进行了三号综合试验发动机的试车。但要在一年内搞出这两个不同类型的大发动机，难关是很多的。如国产的新品种优质钢没有做缩比试验，难以过强度关；缠绕机改装成能缠较大直径的壳体没有把握；300 套工装模具要在两个季度内完成，还要试制出两套大型喷管和合格的大型喉衬，困难很大。四院党委召开厂、所、站领导干部会议进行动员，要求大家解放思想，树立信心，以科学的态度排除万难，夺取胜利。

7414 厂试制预研型号一级发动机壳体，设计是采用一种改善了性能的国产新品种优质钢。该厂没有用这种材料制作壳体的经验，如果按照常规办法，工艺试验和研究就需要两三年时间，至少耗费几百万元。他们打破常规，抽调精兵强将上阵，一次直接进行新型号的火箭发动机的壳体试制，先后闯过了封头的旋压、焊接、热处理三大难关，8 个月内生产出了三台合格壳体。预研型号第二级采用玻璃钢壳体，它是玻璃钢研究所的职工用我国第一代机械式缠绕机改装后缠出的。同志们坚持科学态度，敢字当头，对配方、张力测试、排纱等技术问题进行了反复研究，在较短时间里缠出了大型复合材料壳体。

“攻关不畏险，再险也要攀”，这已成为四院研制队伍的一种顽强拼搏的作风。有一次，一台发动机总装后，经检测，发现漏气，这是一个影响试车成败的问题，不解决是不能交付试车的。我们及时召开了现场技术分析会，先将装好药的发动机分解，逐项检查，结果发现是燃烧室的绝热层破裂导致漏气。怎么办？作为废品处理，将损失几百万元，谁都不忍心。同志们提议采取修复办法。这是一项有很大危险性的操作。装药厂的技术人员和设计组人员经过充分论证，认为只要措施得当，危险是可以避免的。我们经过认真研究，批准了修复方案。装药厂的同志冒着生命危险经过两天奋战，

终于挽救了这台燃烧室。事实表明，四院科技队伍确是一支不怕困难，不畏艰险，善于攻关的队伍。

1983 年 12 月 25 日，一种新型号的火箭发动机就要试车了。这一天，国防科工委领导刘有光、马捷、丁衡高，航天部领导张钧、程连昌以及黄纬禄总师，陕西省委第一书记马文瑞、省长李庆伟等各级领导都来到了试验现场，这对四院来说，真是盛况空前！

点火命令下达了，轰鸣声震撼着大地，巨龙般的烈焰从喷管尾部喷礴而出。观察室人员紧张工作，各种测试仪器显示正常，各项技术指标符合设计要求。试车一举获得成功。三天后进行了第二发点火，同样获得圆满成功。张爱萍同志听到这一喜讯，在百忙中挤出一天时间，于 1984 年 1 月 15 日，由丁衡高同志陪同专程来到基地，很有兴趣地观看了试车录像和试车后的发动机部件。他说：这次来四院看望同志们，实在非常高兴！1982 年 10 月对你们来讲，搞新型号的火箭发动机，算起来至今大概有一年时间，这个时间非常短。一级、二级试制、试验成功了，这是固体火箭技术一个新的重大突破，使我国的运载火箭技术进入新的阶段。这是一个伟大的成绩！他兴奋地挥笔题写了“攻克险关，才智无穷”八个大字，赠给四院全体职工，这对我们是很大的鼓舞和鞭策。当他离开我院时又指示说：还有第三级也要抓紧搞。在党中央贺信的鼓舞下，按张爱萍同志的指示，四院同志又紧张地开始第三级发动机的研制，并于同年 6 月 30 日试车成功。这台发动机使用了更先进的材料与更大胆的可靠的设计，使发动机质量向世界先进水平又迈出了一大步。

在回顾固体发动机研制取得成绩的时候，我们也清醒地认识到，固体发动机还有待于搞得更完善更可靠，要达到世界先进水平，还需要做出许多艰苦的努力，固体事业任重而道远。因此，四院今后的任务将更艰巨，担子更重。我们要时刻牢记中央和有关上级对发展固体事业的重托，决心朝着新的目标奋勇前进。

作者系四院原院长，现四院科技委主任

中国探空火箭的发展历程

李 大 耀

探空火箭是中国发展空间技术的起步项目之一，也是中国在高新技术中较早取得突破、较先达到国际水平和应用较为广泛、成果较为丰硕的一个领域。

中国探空火箭的发展大体上可以分为两个阶段。第一阶段（1958年—60年代中期）为研究和试验阶段，基本任务在于探索探空火箭的技术途径、掌握探空火箭的研制规律和方法、开展相应的火箭探空活动。第二阶段60年代中期—90年代）为应用和提高阶段，基本任务是提高探空火箭的技术性能和火箭探空的探测水平、按需要扩大探空火箭的应用领域和火箭探空的活动范畴。

截至1998年6月，中国已发射了近300枚的几种研究性探空火箭和18种实用探空火箭。中国依靠自己的力量建立和发展的火箭探空事业受到党和国家的高度重视。中国的火箭探空活动尽管规模有限、次数不多，但具有实用、先

进、可靠等特色，为中国的空间事业增添了光彩。

走上发展探空火箭之路

1958 年，北京工业学院（现北京理工大学）、北京航空学院（现北京航空航天大学）和上海机电设计院（现北京空间机电研究所）等单位先后开始研制探空火箭。

在中国探空火箭的发展初期，面临着技术基础薄弱、参考资料匮乏、研制条件简陋等一系列困难。全体研制人员以从事尖端科学技术为至高无上的光荣，满怀崇高的事业心和强烈的责任感，决心为早日实现中国空间科学技术“零的突破”而努力奋斗。

他们不会干就学，向书本学习，向有经验的人员学习，在实践中学习。人人勤奋好学、积极工作，个个把心思和精力用到火箭的研制。

他们不会干就学着干，在实践中增长才干。研制探空火箭虽然不及研制导弹、运载火箭的技术难度大，但也是一项较复杂的系统工程。它不仅涉及多种自然科学的理论知识，还存在大量的技术关键、组织管理、工艺实施等方面的难题。研制人员坚持边干边学，逐步掌握了探空火箭的设计、制造方法，并在有关单位的大力协作下攻克了一些在当时讲来难度相当大的关键技术问题。

他们没有条件就积极创造条件，因陋就简，土法上马，自己动手创建研制、试验设备，使研制手段逐步得到完善。

正是依靠全体研制人员发扬自力更生、艰苦奋斗、发奋图强、勇于进取的精神，很快就在中国出现了探空火箭这一新生事物。

1958 年 9—10 月，北京工业学院和北京航空学院分别发射了东方号探空火箭、北京二号探空火箭。1959 年 12 月，上海机电设计院完成了 1 枚有控制的探空五号（T－5）火箭样机的总装，刘少奇主席、邓小平总书记等中央领导人对 T－5 火箭的试制情况进

行了视察。在视察中,小平同志对上海机电设计院及协作单位自力更生研制探空火箭给以高度赞赏,并关切地向上海机电设计院负责人员询问:“你们有没有考虑做一些比 T-5 火箭小一点的火箭?这样,研究起来就容易得多,经验也容易得到。”当得知上海机电设计院已经在研制无控制的探空七号(T-7)气象火箭时,小平同志高兴地说:“这样就很好,多搞一些,多吸取一些经验。”

1960 年 2 月 19 日,上海机电设计院研制的探空七号模型(T-7M)火箭首次飞上蓝天。当年 5 月 28 日,毛泽东主席莅临上海新技术展览会尖端技术展览室视察了 T-7M 火箭产品。毛主席对研制人员依靠自己的力量取得火箭技术方面的进展给以充分肯定,称赞 T-7M 火箭发射成功是一项“了不起”的成就,指示探空火箭“应该 8 公里(为 T-7M 主火箭的最大飞行高度)、20 公里、200 公里地搞上去”。

在毛泽东主席等中央领导人的关怀和鼓励下,T-7 气象火箭于 1960 年 9 月奏响了它的第一曲凯歌,宣告中国探空火箭开始迈入实用化。

第一代实用探空火箭创高度记录

T-7 气象火箭是中国第一代实用探空火箭的基础型。该火箭由液体主火箭加固体助推器而成。1963 年 8 月,上海机电设计院与地球物理研究所联合用 T-7 火箭成功地测量了高空风,使中国的火箭气象工作有了一个良好的开端。

在 T-7 火箭的基础上,研制人员采取多项技术改进措施,又研制成功了运载能力较大、达到当时国际同类产品水平的探空七号甲(T-7A)气象火箭。T-7A 火箭起飞质量 1145 公斤,能携带 40 公斤的探测仪器飞达海拔 115 公里的高空。1963 年 12 月,T-7A 火箭首批次飞行试验获得成功,实测的最大飞行高度达到海拔

125 公里。

T-7 火箭除了探测高空风和大气温度、大气压力等气象参数外，还可改制成其他类型的火箭、用来进行生物高空飞行试验和空间技术项目的高空性能试验。

1964—1966 年，利用 T-7A 火箭改制成的生物试验火箭将多只大、小白鼠和 2 只狗（雄性、雌性各 1 只）等生物送上高空，所有试验生物均活着返回地面。

1968 年 8 月，由 T-7A 火箭加末级固体火箭构成的三级火箭成功地对长征一号运载火箭第三级固体发动机的点火系统进行了高空性能试验。这是中国首批次发射的三级火箭，最大飞行高度为海拔 312 公里，创中国探空火箭飞行高度的记录。

1969 年 6—7 月，利用 T-7A 火箭进行了返回式遥感卫星红外地平仪和摄影胶片的高空性能试验。这次试验为返回式遥感卫星姿态控制系统和摄影系统的研制提供了有价值的资料。

第二代实用探空火箭小批量使用

上海机电设计院于 1965 年 4 月开始研制和平二号（HP-2）气象火箭。同年 8 月，该院搬迁北京，改称第七机械工业部第八设计院。

HP-2 火箭是中国第二代气象火箭的基本型。它为两级固体火箭，其探测仪器由应用地球物理研究所研制。该火箭起飞质量 331 公斤，能携带 10 公斤的探测仪器飞达海拔 70 公里的高空（发射场海拔 1 公里），发动机采用双基推进剂。

HP-2 火箭经过 1966 年 8 月—1968 年 5 月进行了 4 批次飞行试验后，于 1968 年 11 月被上级领导机关批准基本设计定型、转交工厂批生产。该火箭研制成功，表明中国实用探空火箭实现了固体化。1970—1973 年在西北气象火箭发射站累计发射了 48 枚

HP－2火箭，获取到当地高空风、大气温度和大气压力等资料。

利用HP－2火箭的动力装置，七机部八院于1967—1969年相继研制成功了和平三号、和平四号与和平五号取样火箭，开创了中国探空火箭为核试验取样服务的新篇章。

第三代实用探空火箭跃上新水平

中国第三代实用探空火箭为采用复合推进剂的固体火箭，于1970年开始研制。复合推进剂的比冲高，能提高固体发动机的性能。

1971年2月，七机部八院划归中国空间技术研究院建制，改称北京空间机电研究所。同年11—12月，该所研制的和平六号(HP－6)小型固体气象火箭首批次飞行试验获得基本成功。HP－6火箭起飞质量约60公斤，能把3公斤(或2公斤)的探测仪器送到海拔68公里(或80公里)的高空(发射场海拔1公里)，其探测仪器由空间物理研究所(原应用地球物理研究所)负责研制。HP－6火箭经过6批次飞行试验、特别是1979年12月进行的第六批次飞行试验获得圆满成功表明，火箭的性能达到国际同类产品的水平。

1975年11月，北京空间机电研究所研制的挺进一号甲(TJ－1A)两级取样火箭在首次执行核试验取样任务中，收集到能反映烟云总体特征的等动力学样品。这表明中国已掌握了世界上先进的等动力学取样技术。

1976年，长沙工学院(现国防科学技术大学)承担了探空火箭运载系统的研制任务。1979年3—4月，该校研制的织女一号(ZN－1)火箭进行了首批次飞行试验。ZN－1火箭也是小型固体气象火箭，其性能与HP－6火箭相近，但采用了双室双推力(主发动机加环形助推器)方案和在主发动机装药中嵌埋金属丝来提高

燃速等新措施。1987 年经专家鉴定，ZN－1 火箭达到国际同类产品的先进水平。1988 年 12 月，该火箭进行了首批次试验性使用，获取到赤道区中层大气的气象参数。

1991 年 1 月，国防科技大学和中国科学院空间科学与应用研究中心等几个单位自愿联合、自筹经费研制的织女三号(ZN－3)高空探测火箭成功地进行了首批次飞行试验。ZN－3 火箭起飞质量 285 公斤，能把 40 公斤的探测箭头送到海拔 148 公里的高空，可用于海拔 120 公里以下空域的大气探测和高空物理探测。在国内外同类探空火箭中，ZN－3 火箭的运载指数(箭头质量×弹道顶点高度/起飞质量)名列前茅。

经过 40 年的发展，中国的探空火箭技术业已成熟。实现探空火箭商品化，是在社会主义市场经济的条件下使中国火箭探空永具活力的一个重要因素。

作者系五院 508 所研究员

我所了解的8108工程

庄逢甘

火箭、导弹、卫星和飞机等飞行器之所以能顺利飞向天空，并按预定计划完成飞行任务，其关键之一在于飞行器的气动性能。空气动力研究所的主要任务就是用实验和理论计算两种手段对飞行器气动性能进行研究，提供飞行器设计中所需的气动数据。

为了满足型号气动设计的需要，在我国第一个导弹、火箭等国防科研尖端武器研究机构——国防部第五研究院成立不久，即组建了五院直属的空气动力研究室，在此基础上又成立了空气动力研究所，我当时为该所第一任副所长（主持技术工作），参与空气动力研究所的创建工作。

8108工程是全面建设空气动力研究所的工程代号，该工程除了地面实验设备、动力设备等大型工程建设项目以外，还包括计算分析站、仪表实验室、化验室、科技情报处（设有印刷所）、生产车间（包括机修、工具、热加工、热处

理、表面处理等车间和仓库）等辅助工程和行政办公楼（包括电话站和收发室）、车库、防空建筑、文化生活设施等行政服务工程。

1957年10月15日，中国和前苏联两国政府签订了关于8108工程的协定。1958年3月10日，国防部部长彭德怀批准了国防部第五研究院空气动力研究所的设计任务书。该任务书是在双方协定的基础上制定的。1958年4月，第一机械工业部第四设计院制定了8108工程所需的各项原始数据，包括气象条件、动力、热源、水源、交通等的总体情况；马列学院大院（空气动力研究所建址）原有建筑和交通的总平面图；原有建筑物图纸；工程工艺勘察总结；工程水文地质勘察总结；地形测量图等。此后8108工程进入全面设计阶段。

根据8108工程设计任务书和原始数据，由前苏联航空工业设计院进行初步设计。1959年1月，国防部五院收到了苏方提供的8108工程的初步设计。1959年3月，我方收到苏方编制的8108工程总体扩大的初步设计。

1959年5月，根据国防部五院加快建设进度的要求，在苏联专家工作组来华前，由四院先进行23号厂房土建及有关专业的施工图设计。

1959年8月，空气动力研究所派出25人组成的工作组到四院参加8108工程23号厂房风洞设备的设计。

1959年10月26日，23号厂房破土进行基建。

1959年11月，前苏联派来了巴兰诺夫、菲利波夫、拉特尼柯夫和施巴诺夫四名专家来指导8108工程的设备设计工作。

1959年11月，一机部第四设计院会同空气动力研究所派出的工作组专门成立了8108工程设备设计室，在前苏联专家指导下进行各设备施工图的设计工作。此时，由苏方提供的23号厂房的1号、2号、3号、4号设备和24号厂房的3号设备图纸陆续到达。随着工作的进展，空气动力研究所派到四院参加8108工程的工作

组不断扩大，到 1960 年发展到 120 人。

1960 年，前苏联单方面停止执行中苏双方签订的协定和各项合同，撤退专家。从 1959 年 11 月前苏联专家来华到 1960 年 8 月专家撤退的 10 个月时间内，由第四设计院和空气动力研究所工作组组成的设备设计室，基本完成了 23 号厂房 1 号、2 号、3 号、4 号设备和 24 号厂房 3 号设备的施工图设计工作及 25 号厂房中压气源、27 号厂房高压气罐区的设计工作。

1960 年 8 月苏联专家撤退后，四院与空气动力研究所工作组继续进行 24 号厂房 3 号设备的设计收尾和 24 号厂房 2 号、4 号设备的施工图设计工作，以及 27 号厂房高压气罐区、8108 区高压管线的设计工作，另外还完成了 51 号水泵房、52 号、54 号蓄水池、53 号冷却塔等软化水冷却系统设计。至 1961 年 9 月空气动力研究所工作组离开四院，8108 工程实验设备的施工图设计工作基本完成。

为了争取时间，在施工图设计和厂房施工的同时，设备加工也在紧锣密鼓地进行着。

6 号风洞(FD－06)的施工图是 1958 年由苏联 AT－1 图纸翻译复制而成，1959 年由五院的 211 厂和 11 厂承担生产任务(211 厂为主承制厂，少量外协件由 211 厂联系协作单位进行)。至 1960 年 7 月加工件陆续完成，1960 年 9 月底完成风洞安装，1961 年进行风洞校测，1962 年开始承担实验任务。

在中央的统一部署和全国各地的大力协助下，其他设备的加工也进行得十分顺利。

1960 年 3 月，我所派出工作组携带陈赓大将的介绍信，赴上海安排几项加工任务，得到了上海市主要领导的大力支持，下厂调查时，到处开绿灯，每到一处，都由负责同志详细介绍该厂加工能力，带领我们了解加工设备情况。与上海市委、市经委研究后，确定上海接受 8108 工程 23 号厂房 1 号、2 号、3 号、4 号设备和 24 号

厂房的3号设备共34个项目的加工任务。除在上海、北京地区加工外，在太原、西安、哈尔滨、沈阳等地也安排了设备加工任务。从1963年至1965年，各风洞加工陆续完成，并进行安装，先后投入运行。

在风洞建设的同时，还抓紧进行与其配套的动力设备建设。

中压气罐的加工安排在北京华北金属结构厂进行，高压气罐安排在哈尔滨锅炉厂加工。

1960年9月，25号压缩空气站厂房和26号中压气罐区的第一期工程顺利完成。12个气罐容积共有1180m^3，6台额定压力0.8兆帕的活塞式空气压缩机和空气干燥器安装完毕并投入运行。

1963年5月，27号高压储气站建成，1964年9月6台高压机组安装完毕，正式供应22兆帕的高压气。

1964年1月，26号中压气罐(6600m^3)全面建成投产。1964年12月，第一套中压机试车成功。1965年3月，第二套中压机试车成功。包括离心压缩机和冷冻系统的中压气源系统全部建成，经验收合格，正式交付使用。

1961年，建成空气压缩机冷却水循环系统(包括28号泵房、29号蓄水池、30号冷却塔)。

1963年建成消防水系统(31号水泵房和蓄水池)。

至此，8108工程已基本完成(部分辅助工程和行政服务工程因计划改变而删去)，此前，一些设备已投入运行，为我国第一代导弹(如东风一号、红旗一号等)的设计提供了急需的气动研究成果。

1963年10月召开了气动力试验工作年会。会上，五院副院长钱学森同志作了重要指示，并高度评价我所设备建设成就，他说：我们从1958年开始建设风洞到现在才5年，已初步掌握了跨超声速生产性风洞的试验工作。美国有好的基础，他们从1938年搞风洞，经过10年，到1948年可以说他们掌握了生产性风洞的型号试

验工作。美国有好的基础，用了 10 年；我们没有好的基础，只用了 5 年，也达到他们 40 年代的水平。也就是说，我们基础并不好，但只用了美国的一半时间。

8108 工程的完成，奠定了我国国防科研型号气动研究的基础。每当我们回忆起 30 多年前艰苦创业的经历，无不感到骄傲和自豪！在北京西南郊荒野之中，经过我们的双手，一座座大型厂房拔地而起，我国第一个规模宏大、性能基本齐全、附属设备基本配套、基本适应我国火箭、导弹等飞行器要求的空气动力地面实验设备群已经展现在人们面前。这是中央的正确领导和全国各地大力协作的产物，这里也浸透着国防科研战线开拓者们的心血和献身精神！

作者系航天工业总公司科技委副主任，中国科学院院士傅致祥、陈峄民等整理

航天遥测初创的岁月

吴 德 雨

目前航天工业总公司一院704所的任务，是从事航天遥测技术及其设备的研究。用于各型号飞行试验时向地面传送各测点的实际数据，作为检查各测点的工作状态和事后故障分析的主要依据。历次飞行的故障分析证实了它的功能。为了达到这种功能，这个遥测系统具有多种技术单元，而每个技术单元都包括若干个技术专业。例如：传感器按其功能分有温度传感器、压力传感器、位移传感器、相对位移传感器、角位移传感器、烧蚀厚度传感器、流量传感器、液位传感器等；空载无线发射机，有调频、调幅、编码、射频的频段，采样、交换子、空载天线、电波的防屏蔽等一些研究设计问题；地面无线接收站，有固定站选址、备用控制、车载站供电维护、船载站的最佳接收等；地面接收记录器有最初使用笔绘记录器和后来研制应用的车载磁记录器以及卫星专用的星载自控录、放的磁记录器。

以上所述的各技术单元涉及很多专业。从专业角度来看，遥测系统是一个专业面很宽的综合性技术领域。它包括了研究、设计、试制、试验、生产等全面的工作。

然而，在建院初期，这些并没有被人们认识到。这就难怪在我们分院建院设计任务书中，找不到遥测的主管单位，而只有一个任务不明确的“测试室”直属院里领导。按建院规划而成立的“测试室”除了我和一名政委、一名秘书之外，只有从分院里分配的八名专业不太对口的大学生和从外单位调来的两名工程师。这时摆在我们面前需要解决的两个问题是：我室的任务是什么？目前这十名技术干部干什么？我把这个问题提给院领导。由于我们分院的建院规划是由外人设计的，分院领导对我提出的问题，只指示让我自己摸索和组织技术干部学习。根据领导的指示，我一方面组织大家上技术课，到分院组织的技术学习班学习；另一方面派一位工程师到机加工的工厂调研有什么需要测试的。转了大半个中国的航空工业加工厂，也没有找到要我们测试的任务，因为每个厂都有自己配套的测试组织和计量标准传递的一套成规。这时我的精神压力非常大，几次想请求领导把我调回铁道科学院，但从事国防尖端事业的荣誉感把我的这个念头打消了。

事也凑巧，这时分院有几位从事固体火箭的工程师土法上马，用一节粗钢管装上一个固体火箭柱，用水泥修起一个一尺高的小台子把火箭头朝下立起。他们要求我们给它测测喷口的压力。恰巧我们刚好弄到一个压力传感器，就把它装在火箭喷口中，并且用导线把传感器的输出电压用导线引到离火箭约三四米远的一节1.5米粗的水泥管中。水泥管里放了一个光点示波器，把传感器输出电线接到这个光点示波器上。我和魏世钧同志钻进管子里，静等火箭点火和示波器记录压力了。刚进管子不到两分钟只听到震天动地一声巨响，我们的示波器光点就不动了。探头一看，我们安装在尾部的传感器不知飞到哪里去了。今天回想起来很可笑，但如果

传感器没有飞出去，而有了压力输出记录下来，那就成了我国航天遥测（有线遥测）史上的第一次成功的记录了。

随着全分院工作的推进，总体设计部在进行第一个设计试制的火箭时，向我所提出测量箭上的压力和温度、位移等若干个参数的任务。这不仅给所提出了具体的任务，而更重要的是给所提出了发展方向。稍后不久，通过一个偶然的机会，我和当时二分院试验处的史长捷同志在一起接受了国防科委下达的一项临时任务时，了解到二分院试验处接受了我们分院总体设计部委托他们进行第一个设计试制的火箭的靶场遥测任务。因为试验处有两部进口的多路无线遥测设备，其中一部性能较先进，另一部较差。至此，我看到了所的主要任务方向，更主要的是，看到了航天遥测系统的组成部分和它的整体性。也就是：从传感器、变换放大器、无线电发射机到地面接收站、记录、数据处理等从空中到地面的一条龙；从工作过程上讲，从数据采样、无线传输、数据记录、数据处理的遥测全部过程的整体性。这里所说的整体性是从接受遥测任务到完成任务要全面考虑整体设计，尤其是各个环节的接口匹配问题，更显出整体的重要。如果各自为政，不顾大局，其后果不堪设想。

事到如今，不单是704所（那时还未建所，仍是一分院八室）的任务和主攻方向的问题，摆在面前亟待解决的是，如何成立一个担负起研制遥测系统设备一条龙的单位，从总体设计部接下来整个遥测任务，全面考虑如何总体地完成遥测设备的设计、试制、匹配、协调直到到靶场执行任务。

这里不再来追究（实际也无法追究）为什么原设计时会把遥测这一条龙分成两块，把龙头、龙尾分到一分院，而把龙身分到二分院。当务之急是如何尽快地把这一条龙连接起来成为一个整体。在有了这个明确概念，并和史长捷同志达成共识之后，我主要的精力放在如何尽快地把遥测一条龙接起来。记得当时我主要的精力放在宣传遥测一条龙的重要性上。在全分院的大、小会上宣传，而后

到五院去找王诤副院长、分院里的张钧政委、林爽副院长，从办公室到家里，见面就谈这个事。具体地说，就是要把二分院试验处有关无线遥测部分的人和设备，合并到一分院来，建立起遥测研究所。苍天不负苦心人，王诤副院长最后还是同意了。从 1962 年 5 月，以史长捷同志为首的 125 个人的技术干部队伍合并到一分院成立了我国第一个航天遥测研究所。

当时的任务是如何建立一个能承担起航天遥测任务并且能开展本专业各方面的研究工作，赶上甚至超过国内、国际先进水平。首先是成立与专业对口的研究室、技术行政、技术保障和相应的行政后勤等机构。这样，在很短时间内组建了传感器研究室、无线电多路传输及数据处理研究室、磁记录器(模拟和数字)研究室，另外成立了一个机械结构设计室，承担各室的机械结构设计任务。经过两年多的实践，撤销了结构设计室，结构设计人员分配到各室去。这样，简化了行政手续，提高了工作效率。在技术保障的机构方面，除了器材科、资料室、图书馆之外，主要建有两个 704 所必须具有的单位：一个是能模拟飞行器空间环境的模拟实验室，它把空载的遥测设备进行环境模拟实验，遥测设备通过环境实验之后，允许送到总装车间装在航天器上。另一个是为 704 所研制的遥测设备的初样件、试样件和整机进行试制而成立的实验车间，包括机械加工、装配和无线电样机或组件的试制。至于转批生产的就转到对口厂生产。此外，管理机构如科技处、后勤部门等就按一般的编制相应地成立了。这样，从 1962 年开始，704 所就具备了承担遥测的全部任务而跃进到一分院几个研究所的行列了。

然而，组织机构的健全并不等于万事俱备。首先，人员的培养，技术队伍的成长，都要经过一个艰苦过程。从技术水平来看，二分院试验处合并过来的一百多名技术人员，一般说来都比原来一分院测试室的技术人员在技术上成熟得多。原因很明显，试验处过来的人在无线电技术上都比较有经验，而一分院测试室的人员大部

分是刚毕业的而且专业又多半不对口的学生，再加上从事的技术工作如传感器、磁记录器等在学校都没有学过，毕业时间很短，在工作上又没有锻炼的机会。针对这个情况，我决定，包括我在内，要从战争中学战争，从实践中求知识，累积经验。记得在和二分院试验处合并之前，我们曾接受一个地地型号再入段的遥测任务。这个任务不仅在学校没有学过这样的技术，就是在任何书本上也找不到这样的问题。再加上建院初期一切设备、仪表都非常缺乏，接受这样的任务真是如蛇吞象。记得当时连一个频率表都没有，我们就用两条传输线量出波长换算出频率。虽然后来由于“电波受屏蔽”问题而没有完成这个任务，但这种精神确为我所建树了不少成就。

随着建所以来遥测任务的不断增加、扩展和新技术的采用，704 所的遥测技术已远远地超过建所初期的水平，而走向遥测技术的尖端。全所的人员已达 1200 多人。所有这些成就，令我这个下岗十多年的人感到十分欣慰。

作者系一院 704 所原所长，研究员

航天测控工作的片断

刘 铁 昌

我国航天事业已经走过了40个春秋。在那奋斗的漫长岁月里，常常是欢乐与烦恼交织，艰苦与胜利相伴。我们能把远程火箭打到太平洋，能把静止通信卫星送上天，并建立了独立的航天工程体系，完全是遵循独立自主、自力更生方针的结果。我们走出了一条中国的航天之路。在航天领域中取得了世人瞩目的辉煌成就，打破了过去世界上仅几个大国拥有的垄断局面。现在完全可以自豪地说，我们没有辜负党和国家对航天发展的嘱托和希望，更没有辜负那些曾经直接领导过航天创业的老一辈无产阶级革命家所倾注的一片心血。

一、在当年南苑兵营里完成的第一个工程任务

1958年初我由哈军工调到国防部五院，分在八室工作，全室不过14人。当时苏联8102设

计任务书上规定八室的任务是四项：传感器、交换器、放大器、磁记录器的研究与设计。苏联没有给我们仿制图纸，没有实物，完全要靠我们自己去摸索创建。

1959年初随分院从长辛店马列学院分院迁到南苑，当时科研楼还未建成。八室就落脚在三营门原一个兵营平房小院里。由于仿制工作需要，分院决定在长辛店试验站建一座地空导弹小型发动机试车台（老一号试车台），并将其中的测试系统研制任务下达给了八室，后由室下达给我们工程组，当时我是工程组长。这是八室自建室以来接受的第一个工程任务，在吴德雨主任领导下，在不具备起码试验条件的营房里，开始了设计工作。当时正处于初创时期，摆在面前的是一片空白，条件要自己去创造，其困难是可想而知的。

万事开头难，同志们都怀着一颗急于为火箭仿制尽一份力的心情投入了工作。尽管步履艰难，但干劲很大、信心十足。在技术上有周海刚、李俊等骨干，我们采取缺什么补什么的办法，仪器、器材能借则借，能购则购，不会的向外单位请教，加工靠外协打人民战争。通过群策群力，从调研、方案设计到调试安装，仅用一年时间就完成了任务，我也受到了立功奖励。

通过老一号试车台任务，培养了一批干部，并初步摸到了八室如何为火箭服务的部分科研方向，把当时苏联没有援助我们的东西，从我们自己的科学实践中获得了，并为以后的4号试车台建设打下了初步的基础。

二、磁记录器的诞生和应用

那是1959年初，苏联8102设计中提到八室任务有磁记录三个字，为了开创局面需要去探索。事也凑巧，一次在211厂移交的破损仪器堆中，发现了一台美国造钢丝录音机。也是出于好奇，我

试着修复它，毕竟是破烂货没有修好。后来抱着一种揭秘的想法，有空就去院图书馆查文献，发现当时日文杂志上有许多介绍录音机的文章，当然是家用的音响录声设备。其后又在日研通信等文献书刊中看到有关磁记录器工业应用和火箭数据记录的有关材料，介绍都不具体，但无论如何这是一条值得趟一趟的开发之路。

由于事业心的驱使，经请示领导，我和陶林森同志两人南下上海一家半私人研究机构去参观调研，那里有一位留美工程师主持科研，使我们在磁记录的理论和应用上获益不少。后来，据此加上参考文献我曾写了技术报告，作为发展该领域的备忘录。

1960年正值五院大发展时期，调入了一批大、中专毕业学生，八室的技术力量得到了加强。年初我被任命为八室副主任，协助吴德雨同志工作。为了加强对磁记录的研究，经室党支部研究成立磁记录器工程组，周海刚为组长。主攻方向明确后，工作进展较快，在不到一年的时间里，从磁记录器的运带机构、张力控制、放大器及磁头等主要技术方面已基本掌握，并于1961年做出了具有一定功能的试验样机。

1962年老五院专业机构调整，一分院八室和二分院试验处合并成立了七所(即遥测所)。我任二室主任，室里除原来磁记录课题之外，又增加了遥测设备研制。

磁记录器从1961年至1964年，开发迅猛，从双磁道的磁记录发展成为系列产品：一类是模拟磁记录器，专记录模拟信息，它可以配在遥测车上作为当时胶片记录的另一个手段，其好处是操作方便，磁带记录便于保存，查询方便；另一类是数字磁记录器，可以直接记录数字信息，遥测设备改成数字传输体制后，数字磁记录便于自动化数据处理。以上两类都在测控设备中成为不可缺少的配套设备。

另外，应第一设计部弹头室的要求，还设计了专用装在弹头内部测量头部再入大气层舱内物理参数变化的回收式磁记录器。如

采用遥测手段会因弹头再入大气层所产生的高温高速引起头部周围空气离子化，对无线电波产生屏障效应，造成无线电波衰减，使遥测信号中断。回收式磁记录器曾多次用于1964年我国自行设计的中近程火箭弹头舱内参数测量。随着火箭型号的需要和本专业领域的开发，不久在所内从编制上设立了磁记录器研究室，为今后更好地研制发展提供了组织保障。

三、动乱年代坚持在科研第一线

1965年701工程处(后来的20基地测控部)从地面测控网建设规划出发结合返回式卫星对测控的要求，提出要研制卫星测控网专用遥测设备，这也是当时七所首次为发射卫星提供遥测配套设备。我当时主持总体设计室工作，经与用方多次协调后，向所领导作了汇报，与吴德雨、史长捷同志研究，初步拟定了课题计划，并组织以李邦复同志为组长的方案论证班子，开始了设计工作。

从我国国情出发，返回式卫星遥测应具备两种功能：首先要能稳妥可靠地接收卫星在国内飞行段的全部数据；其次考虑到我国不能在境外设站的特殊条件，要求能将卫星在境外飞行段的全部参数接收下来，从而确保卫星准确地在我国境内回收。这就对遥测系统方案在构思设计上提出了更新也是更高的要求。

经过总体研究，一致认为要设计一个既能实时又能延时接收的遥测体制来满足基地和卫星设计部提出的使用要求。经方案讨论后决定设计中、低速率遥测系统，其中实时遥测采用低速率采样编码，实时地传输卫星在国内上空飞行时各系统工作状态参量；延时遥测是在卫星上装一个特殊设计的磁记录器，它可以将我国测控站测量范围以外的卫星参数先记录下来，卫星飞经我国测控站作用范围之内时，磁记录器以快于记录速度的三倍速率重发出来，通过星上遥测发射机将数据发回地面站，因此从遥测采样速率快

这个意义上称之为中速率编码遥测。遥测体制采用的是 PCM - PSK - FM 无线体制,我们统称它为回环磁记录中、低速率遥测系统。

这套设备是在动乱最厉害的年代中经过参与此项研制工作的全体同志排除干扰共同努力完成的。由于从 1966 年以后所里工作基本瘫痪,我领着这些人坚守岗位,军管会批准这批人没有下放。1969 年我带队去重庆巴山仪器厂主持了设备校飞,当时领导此次校飞的还有该厂徐豪厂长。校飞中发现的问题,经过厂里修改后,于 1971 年 8 月我又带队到山东莱阳站参加设备安装及校飞。六部(后来的 26 基地) 部长王恕同志主持了此次校飞试验,并对设备质量给予了很好的评价。1972 年,中、低速率遥测设备成为 26 基地测控网二期工程的主要设备之一,配套于莱阳、新化和渭南等测控站。

四、一次惊险的弹着区执行任务

为了获取导弹弹头舱内再入大气层时的物理参数(这是两弹结合为了测定原子弹引爆系统环境条件所必需的),经研究,决定除装磁记录器外,同时在头部再入时采用遥测接收系统。

记得这次执行任务是在 1964 年 10 月。我去基地台站执行任务次数很多,但这次去弹头落区执行遥测任务确使我终身难忘。它不仅记下了航天创业中的勇气和信心,同时记下了航天创业的艰辛,也是老五院不断提倡的“三敢”、“三严”作风的具体体现。

这次专列是走北线,从丰台到酒泉。每天在车上我们一行人有空就开会,预想可能出现的技术故障和应采取的应急措施,保证万无一失地完成任务。在酒泉基地接待站稍事休整,接着去落区的一行人又继续出发,到达了吐鲁番。

酒泉基地测试处的先遣人员已在等候我们,会合后次日早晨

出发，分乘两辆遥测特装车和一辆供应卡车，南下直奔辛格尔。辛格尔与北京时差大致是两个小时，早上9点亮天，晚9点黑天，初去不习惯，水土不服拉肚子，吃得很差，副食日用品要去库尔勒采购。晚上睡大帐篷，白天温度高达摄氏二十几度，夜里低到零度，帐篷里不能生火，所以大家挤着睡，暖和一些。

为了更好地完成此次任务，我们和该站领导共同研究制订了实施方案。设站应越靠近弹着区越有利于接收，决定将遥测车布在射面南测距弹头落点不到10公里处。当时站长提醒此处距弹头着点太近，危险极大，但经现场勘察再向南移就有石山峭壁挡住，已无余地，只能设在这里。

发射前两天，接到进驻落点的命令。记得落点距辛格尔指挥所尚有半天的汽车路程，是无名地。除了两辆遥测车外，基地又配了时统通信车，站里派车为我们去安营扎寨，支起了临时帐篷，带了做饭用具锅碗盆炉一应俱有，共7人，由我带队。待命的几天生活，是我终身难忘的，也是一次苦中有乐、回味无穷的冒险行动。7人挤在一个小帐篷里，轮流掌勺做饭，没有青菜，每顿是米饭、咸菜，生一顿，熟一顿，各显其能。外面是渺无人烟的茫茫石地，寸草不生，荒凉至极。我们感到最困难的是没有水，两天由辛格尔运一汽油桶水来，每人平均一军用小壶，用滴水贵如油来形容实不过分，而且水质极差，说是水实际上是黄泥汤，洗脸、刷牙、饮用全是它，后来大家为节省，索性就不刷牙不洗脸了。

进驻的第二天，接到首区指令，次日早晨10点发射，要求认真做好一切接收准备。次日一早各自进入岗位，调好机器待命。大概上午10点左右，时统车接到首区牵动信号开始计时，这说明导弹已经从发射台上起飞了。大家的心情非常激动，也十分紧张，操作仪表时手都发抖，如有失误，会使我们这次的艰苦行程付之东流。在不到两分钟左右，我们看到东南上空出现一个大火球，其后一股白烟伴有巨雷般的响声，接着像放鞭炮一样劈劈叭叭的爆炸声，大

小碎片从天而降，有些碎片落在我们特装车附近，相当危险。碎片是弹裙或弹体的散落物。经过惊恐紧张之后，大家欢腾了，同声高呼打成功了。弹着点在计算误差之内，如果射面稍有偏差，我们的脑壳就危险了。后来知道全射程是998公里。此次接收效果很好，证明信号有中断，弹头落地前的瞬间信号没有收到。这些经验为后来靶场测量船遥测方案的选择提供了宝贵的资料，如后来为取得弹头落水前的参数，专门设计了飞机站，为克服无线电波中断提高了无线电频段等。

五、又一次创业，把450工程搞起来

405工程是七机部“三抓”任务的重要组成部分，是发射远程火箭和静止通信卫星不可缺少的测控系统设备。

七机部有一支雄厚的电子技术队伍，都分散在各院，它们主要立足本院为型号发展去规划安排研制设备。早在1968年，704所已接受靶场测量船船载遥测设备的方案论证工作；1970—1973年五院有关单位也开始对静止通信卫星的测控方案进行论证。与此同时，20基地六部701工程处（后来的测通所）以陈芳允教授为首，从测控网建设全局出发，对两大型号的测控设备的体制和布局也在进行论证。

由于那个动乱的年代，指挥失控，虽然各方都在论证，但任务始终不能落实，论证也是空论。基于这种情况，为了把失去的时间抢回来，迅速落实任务，七机部于1973年9月19日由任新民同志亲自主持召集有关单位座谈摸底。与会各厂、所的同志纷纷表示有决心完成任务，同时又得到了20基地领导的支持，最后七机部报告国防科委，国防科委于1973年10月正式通知七机部安排测控设备研制任务。

任务确定后，七机部于11月又召开了型号设计部使用要求交

底会。其目的是将火箭的测量要求和通信卫星的测量要求综合起来，并纳入研制的测控设备功能之中，对基地台站形成能满足两大型号的测量要求。基地乔平司令员也参加了会议，并就基地对测控设备研制提出了很好的意见。他说："星、船、武器的测控设备要考虑综合利用，基地台站要建成测量网，这是很大的节约，不能一个型号一大堆设备，设备用一次换一次，基地是吃不消的，具体节约多少要和七机部商量。"又说，"关于使用频段要统一在微波频段这样才能形成一个从头到尾的网。"意思是说，过去各家研制的设备频率都由自己去定设备，没有通用性，造成各行其事，加大了国防开支。通过此次会议对今后测控方案制定起了指导作用。

为了尽快组织队伍，明确各单位分工，把研制任务落实下去，1973 年元旦过后，又专门开会，有关厂、所参加，在已确认的方案框架上做到了明确的分工。地面测控组网设备原则上由五院及二院有关厂、所承担，靶场测量船载遥测设备以及地面测控站的遥测解调设备由一院 704 所承担。

为了组织这项浩大工程，经部研究决定，在部直接领导下成立工程设计抓总单位——450 工程办公室。本着大力协同的原则，所以 450 办公室为核心将各院有关厂、所的技术力量组织起来，按专业特长形成一支能战斗的强大技术队伍。450 工程各分系统单位有九个主体所、厂，另外还有不少协作的单位。

450 工程办公室成立于 1974 年初，任新民副部长任主任，我做常务工作，仅用两个月于 4 月在友谊宾馆会议(4501 会议)上通过了部级审定。工程共有五个系统设备组成：1. 微波统一测量控制系统设备(代号 450－1)，该设备主要用于静止通信卫星测控，设在闽西沙县；2. 微波遥测地面站(代号 450－2 甲)，该设备接受远程火箭入海前遥测参数；3. 微波引导设备(代号 450－2 丙)，引导 450－1；4. 靶场测量船船载遥测设备(代号 450－3)；5. 船载遥测飞机站(代号 450－4)。450 工程方案规定统一使用 C 波段频率。

450－1方案设计中，陈芳允教授在两个重大技术决策上发挥了重要的作用。第一是以设备的高精度和远距离测量，再和靶场测量船上的450－3遥测设备相配合实现对通信卫星进行测控，较完美地解决了不在国外设站的条件下也能发射通信卫星；第二是在决定改变现有靶场测量设备单一功能体制情况下，设计多副载波复用的单一载波无线电信道，实现了设备的多功能，即一套设备具有测轨、遥测、数据、遥控四种功能，满足了靶场规划会议所提减少靶场设备数量，节省国防经费开支的目的。

由于设备种类多、工程面宽、协调复杂，方案确定后，从管理方便出发，1975年部里决定，450工程办公室除对450－3、450－4进行必要的技术协调之外，原则上设备研制和对外协调工作由704所独立进行。

450－1设备规模庞大，属国内罕见。全机无线电机柜总数近百个，天线包括底座重70吨、高22.8米。

450－1设备研制是严格按照科研程序进行的。从始至终历时10年，经过10个科研阶段，它们是：1. 方案论证；2. 分系统初样设计生产；3. 单项技术攻关试验；4. 初样联试；5. 正样生产；6. 校飞试验；7. 转场安装机械调试；8. 精度校飞；9. 考机运行；10. 训练部队交付使用。

450工程办公室是随着450设备的研制边干边建的。创建初期历经艰辛，科研局一位负责同志曾向我说："450不是那么好搞的，吊在半空上不着天、下不着地，是个空架子。"并说："你们是'三无'世界，一无人（指无正式编制）、二无窝（指无自己的试验办公地方）、三无权，你的头衔很大，但无实权，办事很难呀。"确实工作开展起来矛盾不断出现，下边来自厂、所的困难要求我们去协调，上边要承受指令性计划的压力。为了闯过初建的难关，为了450任务，我们没有退缩，没有打退堂鼓。成立之初部内调入的只有6人，如柳东升、邱贤佐等同志。按常规相当一个总体部的工作量，现在

是由一个简单的办公室去推动工作，无疑这副担子很重，其工作量之大，困难之多，可想而知。

我们克服困难的办法有四条：1. 大力协同，依靠分系统厂、所广大干部走集体创作的道路；2. 多争取部机关领导支持，依靠职能司局去协调；3. 与基地测通所紧密合作；4. 靠450全体人员艰苦创业，勤奋努力，多方奔跑，为厂、所服务。

450工程能圆满完成上级交给的任务，精神支柱是什么？回忆起来有四点：

1. 有突出的创业精神。由于450人员住地分散，以住南苑的人员为例，每天要6点出发上班，途经五院再去监测站，往返100公里，路上要4个小时，这种生活坚持了8年，个别同志是10年。

2. 有较高的奉献精神。为了工作不计个人名利的事例很多，特别值得我们怀念的是熊瑞生同志，在患癌症晚期仍坚持工作。

3. 有较强的群体精神。一人有事大家帮。10年中有几位同志患重病住院，大家无一漠视，尽管住地分散，都抢着去医院轮流值班。为了浇注2号天线座，全体同志冒倾盆大雨同建委一局工人一起参加劳动。

4. 工作中坚持认真负责。在科研中从不放过一个故障、一个隐患坚持“质量第一”。如在闽西沙县设备安装调机中，上万米的电缆铺设无一差错。

通过全体同志努力，为早日能把远程火箭打到太平洋，把静止通信卫星送上天，1980年以前我们以拼搏精神做了三件大事：

1. 不断进行技术协调，共召开部级协调会10次，直到设备初样完成，性能良好，完全可以投入正样生产。

2. 为450－1设备联试和科研校飞的需要，在没有健全的司政后和人力、物力的条件下，建成了800平方米科研楼和两个具有先进水平的天线座基，使450人员有了安营扎寨的工作场所，并在戒台寺顶峰建了15米高的天线标校塔，被游人喻为一景。

3. 造就了一支能攻坚、打硬仗的测控技术队伍，为后来完成任务打下了基础。

450－2甲于1980年执行了远程火箭打向太平洋的遥测任务，并获国家科技进步一等奖。450－1于1984年4月执行了发射第一颗静止通信卫星的测控任务，并获得圆满成功，经国家审定授予科技进步特等奖。

450工程成功了。功劳归于党、归于组织起来同心协力的战斗集体。我作为一个初创时期的带头者，看到了成果，总算得到了一丝安慰。

作者系原航天工业部450办公室副主任、高级工程师

我国导弹部队的摇篮

吕万富　王丙年　吴国宪

为了创建我国导弹部队和仿制苏军地地导弹，1957 年 11 月中央军委决定由军委炮兵和国防部第五研究院共同组建中国人民解放军炮兵教导大队，代号为中国人民解放军 0038 部队 4 大队，大队的主要任务是承担接受苏军“P－2”地地导弹装备和学会导弹武器的操作使用和维护保养，培养一批导弹技术干部，为组建导弹部队和仿制作准备。我们三人有幸参加了教导大队的第一期学习训练和后来的教学工作。

炮兵教导大队第一期成员由两部分人组成：一是从全军选调一批政治素质好、年富力强的各类技术干部和学员，二是国防部第五研究院部分科技人员，共计 570 人。

对选调人员政治审查和保密程度都非常严格。从部队调来的同志，不但看本人的表现，还审查过去的历史、家庭情况和社会关系。选调的时候也很“神秘”，被指定选人的单位，只知道选人的要求条件，不知道干什么。被选调的人员只

通知到国防部和炮兵司令部报到，不知道调到什么地方做什么。而且时间很紧迫，谈话后一般限一两天立即动身报到。虽然有些同志有各种困难，但大家都愉快地服从了组织的决定。教导大队第一期党员占 63.9%，团员占 31.9%，政治素质是很好的。

军委决定炮兵教导大队由孙式性任大队长，宋杲任政治委员，郭升允、葛林任副大队长，梁思礼、黄迪菲任技术副大队长，参谋长是魏梦军，副参谋长是高雁翎、李甦。

大队的机构设有大队部、指挥连、发射连、技术连、运输连、基础诸元准备科、翻译科等。

指挥连连长是罗宗铭，指导员是罗殿英；发射连连长是齐振兴、苏晨，指导员是穆洪军；技术连连长是黄毅，指导员是任国瑞；运输连连长是陶守全，指导员是张克俭；基础诸元科科长是席力；通信兵主任是魏云飞。

炮兵教导大队人员从 12 月 9 日开始集中，12 月中旬，大队长孙式性率领接装组到满洲里接受苏军的装备和迎接苏军。12 月 24 日"P－2"导弹运至长辛店云岗，经过一夜奋战，将两枚"P－2"地地导弹和地面设备 45 台(件)，全部卸装入库。同时到达的还有以布里奥·波列任斯基中校为首的苏军导弹营官兵 102 人。

1958 年 1 月 11 日举行开学典礼。除炮兵教导大队全体同志、苏军导弹营官兵外，还有总参作战部、军械部、哈尔滨军事工程学院和五院见习生 105 人也参加了大会。军委炮兵参谋长陈锐霆、五院副院长钱学森出席了会议并讲了话。陈锐霆讲话强调了炮兵教导大队成立的意义。他说，炮兵教导大队的成立，标志着中国人民解放军建设进入了一个新时期，我们有了远射程、威力大的导弹武器，我军将如虎添翼，将会更有力地保卫和平。钱学森讲，对于导弹武器装备，我们还是一个不会走路的"孩子"，现在是刚刚起步，经过我们的辛勤努力一定会走、会跑，成长壮大。他们号召参加学习的全体同志齐心协力，克服困难，勤学苦练，严格保密，一定把苏军

的先进技术学到手，圆满完成党中央和人民交给的任务。

教导大队第一期，由苏军直接任教，共分23个专业教学班，按照对口包教包学。学期三个月，分三个阶段进行。第一阶段是兵器技术理论教育；第二个阶段是实际操作训练；第三个阶段全营野外战术演习。由于时间紧、武器新、无教材、语言不通（经过翻译）、保密严，给学习带来很多困难。但是整个学习过程中，全体同志始终保持高度的政治责任感，饱满的求知欲望和顽强刻苦的学习精神。大家一致感到，党组织抽调来学习尖端武器，自己能成为第一批学习导弹的一员，是组织的信任，人民的重托，也是个人的光荣。国家花钱买来装备，请来教员，如果学不好，完不成任务，对不起党，对不起国家，对不起人民。因此，学习都非常勤奋刻苦，除上课认真听讲、练习外，每天晚上和节假日都加班学习。有些同志虽然第一次来北京，但为了把尖端技术学到手，放弃了进城玩和看电影。例如杜万智同志，学习三个月没进北京市玩一次。

学习期间，保密要求很严。苏军教员很重视保密，他们有些做法达到了让人不能理解的程度。例如基础诸元准备科教学班的教师，上课时在黑板上画的图形，下课后为了防止别人看，有时用一张纸盖上，有时下课时擦掉，再上课重新画。学员听课笔记一律记在保密本上，下课吃饭立刻交到保密室。除了学习时，笔记本不准放在宿舍或教室，一天要领交几次。星期天外出，出门证不能带走，要在门卫收发室换成小木牌。虽然这样做很麻烦，但大家都能自觉遵守。

学习中，尽管同志们文化程度相差很大，有的是高级工程师，个别的是小学文化程度。但是为了尽快掌握尖端武器技术，加速我军现代化建设，同志之间团结互助，互帮互学。文化程度高的主动帮助文化程度低的，理解能力差的积极向领会能力强的请教。经过全体同志的辛勤努力，无论是理论学习、实际操作，还是野外实战演习，都取得优良成绩，结业考试都在4分以上。苏军教员非常满意。他们

高度赞赏中国人的理解能力和刻苦的学习精神。结业时苏军营长高兴地说："中国同志完全可以独立掌握使用导弹武器了。"

中共中央和中央军委的领导同志，对炮兵教导大队的学习训练，非常关心和重视。开学前夕黄克诚总参谋长于 1958 年元旦专程来教导大队探望。3 月 15 日，贺龙、陈毅、聂荣臻、陈锡联、杨成武等领导同志亲自来大队检查训练，参观装备，并作了重要讲话。军委副总参谋长张爱萍同志亲临现场参观点火试验。给全体同志极大的鼓舞和鞭策。

炮兵教导大队完成第一批训练任务，苏军撤走后，中央军委决定以第一批学习的同志为骨干，依靠自己的力量继续独立培训导弹专业干部。为此，炮兵教导大队进行了扩充整编，设立了训练处、政治处、行政管理处和办公室。1958 年 5 月，又从炮兵和空军调来 160 人与第一批学习的部分同志组成第一教导营。1958 年 6 月，由 0029 部队（20 基地）、军事工程学院、五院及各军兵种选调 195 名干部组成第一训练队。

1958 年 8 月 21 日，中央军委决定将炮兵教导大队改为国防部第五研究院教导大队，并增设了地空导弹的培训任务。10 月从空军调来一个营，成立第二教导营，承担地空导弹接装和培训任务。同年 12 月，从炮兵、空军 15 航校调来 257 人，组成第二训练队。后来为了便于领导，将第一、第二训练队合并成立第三教导营。1959 年 3 月第三教导营训练结束。3 月 10 日五院教导大队机构再一次进行调整，大队机关扩编为司令部、政治部、训练部、后勤部和技术处。4 月又接受 0029 部队的试验大队 282 人，组成新的第三教导营。

第一教导营、第三教导营和新的第三教导营，都是以第一期同志为教员，进行"P－2"地地导弹专业训练。第二教导营是苏军直接任教，进行"543"地空导弹专业训练。到 1959 年 6 月底，训练全部结束。7 月教导大队机构撤消。人员从军委各总部、各军兵种（除

炮兵)、各军事院校及0029部队来的回原单位,其余调往炮兵396名,留五院475名。

教导大队历时一年零八个月。先后培训"P-2"地地导弹专业五期,"543"地空导弹一期,共培训2500多名干部,圆满完成了军委交给的六项任务。第一,为五院及靶场培养了一批试验人员;第二,为军事工程学院培养了一批教员和练习分队;第三,为导弹专业学校和导弹部队培养了一批教员和干部;第四,为15航校培养了一批教员和管理干部;第五,为空军培养"543"地空导弹一个完整营和技术行政干部;第六,为五院、五部及有关机关培养了一批研制、作战使用的技术干部和管理干部。

经过教导大队培训的干部,像一把火种播向祖国的四面八方。后来,这些同志成为我国武器研制、试验、作战研究、作战使用的骨干力量,有的成为各军事院校导弹专业的第一批教员,有的成为国防科工委、第二炮兵、航天系统的各级管理干部和技术专家。如留在五院长征三号火箭总师谢光选、航天总公司科技委副主任沈辛荪,三院原副院长丛树国、院务部原党委书记罗殿英、原三院院办主任张达慈、物资部原部长周直清、一五九厂原副厂长葛荣等。到炮兵的有的成为导弹部队高级领导和高级技术人才。如二炮原司令员李旭阁、基地司令员李甦、第二炮兵副参谋长康视华、第二炮兵工程学院院长付备篪、国防科工委副政委高同生等,都是教导大队第一期学习的同志。

炮兵教导大队作为导弹部队的摇篮,为我国导弹事业的发展起到了重要作用,作出了不可磨灭的贡献。我们把这段难忘的历史记载下来,以兹永远的纪念。

作者吕万富系三院33所原党委书记、高级政工师,王丙年系三院行政基建部原副部长、高级工程师,吴国宪系三院原办公室主任、高级工程师

从"爬楼梯"到自行研制

钱 振 业

1957 年，我刚从北京航空学院毕业，就踏进我国刚刚组建起来的导弹研究机构——国防部第五研究院，从此开始了我从事导弹研制工作的生涯。我的大半生是伴随着我国航天事业发展而度过的，现将我几十年来的一些感受记述如下：

一、仿制的启迪

新中国成立后面临的是一个千疮百孔的局面，在这样的工业基础上发展现代火箭技术是相当艰难的。为使我国的火箭技术发展有一个较高的起点，国家不惜投入巨大的资金，于1958 年 6 月，从苏联引进了全套近程导弹的生产资料，从仿制开始起步，这在当时无疑是难得的机遇。

我们从 1958 年 7 月 1 日开始翻译并复制技术资料，日夜奋战，仅用了一个月的时间就完

成了任务。我们设计部一边送图纸下厂准备仿制生产，一边开始消化图纸资料，准备参加仿制。

当时，我作为导弹尾段结构设计技术员，在消化图纸资料的过程中，根据自己学习过的飞机设计制造专业知识，经过研究，认为尾段采用钢蒙皮结构不够合理，大胆提出将原设计钢尾段结构全部按等强度和等刚度改为铝合金结构，并准备按修改后的图纸下厂生产。

1959 年，苏联专家来到设计部，领导决定要“不走样的学”，使我们头脑中产生了疑问：“为什么一定要仿制，其根本意义何在？”

后来学习了聂荣臻元帅的指示：“仿制的目的在于‘爬楼梯’，通过仿制学会自行设计。”我们明白了为什么仿制，于是立志先搞懂“是什么”，再搞懂“为什么”，跟苏联专家一起，边学习，边工作。

作为学生，我们的态度是谦虚的；作为老师，苏联专家的态度也是诚恳的。通过下厂参加仿制的全过程，虽然也学到了不少处理有关生产问题的技能，但想到聂帅对我们提出的要求，总希望从老师那里进一步探求有关设计方面的知识。然而，每当涉及到这样的问题时，就给老师出了难题，只告诉我们说：“根据协议，只能帮助你们掌握仿制制造技术，其他的问题……”就没有下文了。

有一件事，至今我仍记忆犹新。1960 年 6 月，在最后一批苏联专家撤走的前一天的晚上，王诤副院长带着刘从军同志和我借送行的机会，抱着最后一线希望，请教专家有关航天技术发展途径及多级火箭是串联还是并联等问题。虽然一直聊到深夜，但专家对我们急于想了解的技术问题，始终闭口不谈。第二天清晨，我们把专家送上了回国的飞机。

这件事当时深深地触动了我，我想：“搞仿制，借鉴别人的成果，这对从零起步的人来说，只是一个好的开头。要想超越这个界限，从帮助者那里得到更多的东西，是很难实现的。世界上又有谁愿意培养自己潜在的竞争对手呢！因此，要想有创造性的发展，就

要通过仿制来摸清事物的规律性，大胆地走自行设计制造的路子，摆脱仿制的束缚，才有可能赶上世界航天技术发展的潮流。否则，就只能永远跟在别人的屁股后面‘爬行’。”

今天，改革开放的大好形势，为我们向先进国家学习提供了良好的外部条件。借鉴别人成功的经验，可以少走不少弯路。但通过近年来的国际交往，我们深深地感到，在高技术领域里要想取得平等合作伙伴的地位，必须要有自己的技术长处。靠乞求别人，指望单方面输出高技术是不可能的。尤其是在航天领域，一些敏感问题，都受到保密限制，根本就无路可寻。因此，在充满竞争的国际环境中，航天高技术发展的立足点必须放在“独立自主”的基点上，借用“外力”是有条件和有限的。

二、艰难的一步

小孩子学走路是先从“爬”开始的。我们从仿制中学会了“爬楼梯”，要想真正站起来走，还要进一步掌握自行设计的规律。

1959年12月，我参加导弹仿制工作尚未结束，组织上就把我从总体设计部担任结构设计室贮箱工程组长并兼贮箱生产车间副主任的岗位上撤下来，调到初步设计室开始进行导弹自行设计的研究工作。

我国的弹道式导弹的研制应从何起步？当时提出了两种途径：一种是从1959年6月开始提出的搞射程2000公里，以液氧/煤油为推进剂，直径为2米的中程导弹；另一种是由我提出来的“充分利用仿制的成果，在不改变导弹的直径和推进剂的前提下，充分利用已有的工艺装备，采取提高发动机推力，减轻弹体结构质量和增大起飞质量的技术途径”。这样做的好处是技术基础好、投资少、研制周期短。为此，在总体设计部内曾对这两种途径的方案进行了探讨，并取得了一定的进展。

1960年5月的一天,刘川诗政委把我叫到他的办公室,让我向刚调来五院不久的王秉璋副院长汇报我的想法。王秉璋副院长详细地询问了在仿制的基础上设计导弹的技术途径、实现的可能性及可能达到的技术指标。

决策之快,未能料及。1960年6月,就向我们正式下达了研制东风二号导弹任务,从而开始了新中国航天史上的第一个自行设计的导弹研制工作。

1960年8月1日,国防部第五研究院召开了东风二号方案论证会,我代表总体设计部做了方案报告。经与会领导和专家讨论后,批准了方案设计,同时要求在年底前完成初步设计。

在当时"大干快上"的年代里,研制工作进展迅速。经过两年的奋战,基本上完成了总体设计、分系统设计、组件设计和图纸下厂试制生产。1961年底,发动机也开始了试车试验。到1962年2月底,就装出了第一发供飞行试验的导弹。原计划3月1日出厂,五院党委为保证质量,决定再进行一次全弹综合检查,于3月4日起程将导弹运往靶场。

在靶场经技术阵地检查和发射阵地测试检查均没有发现问题,就准备发射了。发射前,有人问:"怎么样?有没有把握?"我和所有参试人员的回答都信心十足,在现场的同志对我国自行研制的第一枚导弹发射无不欢欣鼓舞。

1962年3月21日上午9时5分53秒,在这一难忘的时刻,东风二号导弹发射了,然而结果却令人惋惜:导弹起飞后便失去稳定控制,随后火箭发动机头部预燃室因破裂起火而关机,飞行了18秒钟后开始坠落,于发射后69秒坠落在离发射台仅680米处。自行设计迈出的第一步就像小孩初学走路一样,跌了跤。

失败是痛苦的。在林爽总设计师的领导下,试验队留下一部分人员,在靶场经过一个月对光测、遥测的结果进行分析,研究查找出故障的原因后,带着沉重的心情,乘专列回到了北京。

“科学试验允许失败，要善于从所付出的学费中找出解决问题的办法。”聂帅及时地对我们进行了指示，要我们从失败中总结经验教训，在实践中找出解决问题的办法。

第一次飞行试验的失败，使我清醒地认识到：通过仿制，我们掌握了生产制造技术，但要达到自行设计的目的，还要通过不断地摸索去掌握型号研制的根本规律。

经过总结，我们大家共同认为：型号研制，首先要搞好总体方案和设计协调，要严格遵循研制程序和充分做好地面试验。

于是我们开始在总体设计上下功夫，进一步完善设计理论和设计方法，建立设计规范，加强了总体与分系统的协调，重新审查和修改了总体设计和各分系统设计方案，并重新进行试制生产。为了检验修改后的产品的性能和可靠性，进行了发动机的地面强度、性能试车，控制系统模拟试验，全弹系统综合试验，全弹振动试验和全弹地面试车等一系列大型试验。

经过两年的努力，1964 年 6 月 29 日重新进行了东风二号导弹的飞行试验，结果连续三发导弹均获成功。为了提高射程和作战性能，在试验成功的基础上，又进行了一次方案性的修改。经六次定型飞行试验成功之后，于 1966 年 12 月经国家特种武器定型委员会批准定型并投入批生产。我国自行研制的导弹终于正式装备部队，开始为社会主义国防现代化服务。

在实践中，我国航天战线一支能够独立承担弹道式导弹研制的科技、生产、试验队伍逐步成长起来了，通过实践总结出的研制规律、设计方法为以后的型号设计奠定了基础。从此，我国地地导弹事业开始走向自己发展的新阶段。

三、实战的要求

1972 年，我国开始规划发展第二代战略导弹。同年 9 月，让我

参加这一工作。根据总参和二炮提出研制远程战略导弹的要求，经过两年的酝酿，于1974年夏天，一院组成“三结合”研究小组，我任组长，具体组织研究技术发展途径。经研究，认为第一代战略导弹武器存在的主要问题是固定阵地发射，所以生存能力低。为此，提出了“以公路区域机动，快速发射”作为第二代战略导弹设计的主导思想。

这一设计思想的提出，是经过对国外导弹发展的研究提出来的，但符合不符合中国的作战实际呢？为此，我提出要深入作战部队进行调查研究。经中央军委总参谋部批准，由我带队组织一院有关部、所选派出的26人组成的调研组，到导弹作战部队的各基地进行调研，以了解第一代导弹武器的作战使用情况、存在的问题、改进的意见及征求指战员对第二代战略导弹的要求。

我们一共去了三个基地，每到一处，都受到上至司令员下至全体战士的热烈欢迎。通过考察操作演练、与战士操作员座谈并提出我们对第二代战略导弹发展途径的方案设想，向指战员征求意见等一系列活动，我们受到了深刻的教育，对第一代导弹武器存在的问题有了明确的认识，更加坚定了选择第二代战略导弹技术发展途径的信心。

这次调研活动得到了中央军委总参谋部的大力支持和部队的欢迎，使我们更进一步体会到作战部队对导弹武器研制是何等的关心，认识到我们必须更加牢固地树立为部队服务的思想。

第一代导弹武器的研制，着重点是在解决性能方面下功夫。对作战使用问题，由于我们没有经验，再加上对作战使用过程也不甚了解，所以这次调研活动，我们最大的收获是掌握了第一代导弹武器在作战使用方面有待改进的问题，如：安装时留的空隙、四季气候变化的影响、不同使用地区对设备维护带来的差异、仪表板的位置、如何适应中国战士的身材、临战前的检查要快速简单、发射准备时间要尽量缩短，以及固定发射阵地不易“保存自己”，提高导弹

武器系统的生存能力已是个大问题等等。因此，部队赞同我们提出第二代战略导弹技术发展途径的构想，同时也得到了李达副总参谋长的肯定。他指示我们："要按主席打运动战的战略思想，武器要机动，能像过去打济南那样，大踏步地前进，大踏步地后退。"

然而，这一设计思想由于众所周知的原因被搁置在一边。直到1978年，七机部重新讨论型号和发展规划时，研制机动发射远程导弹的规划才又被提了出来。

1978年夏，由芮杏文副部长组织有关人员，深入到各院、所召开座谈会，征求对发展规划的意见，并亲自听取了我对机动发射导弹方案的汇报。1978年7月，芮副部长在一院主持召开了规划研讨会，并于8月1日向邓小平同志进行了汇报。小平同志听取汇报后做了重要指示。从此，我国第二代远程机动发射战略导弹正式列入了计划，开始了新的"长征"。

四、时代的召唤

伴随着共和国的发展，我国的航天事业经历了无数的风风雨雨，到今天已发展成为具有完整配套的科研体系，培养了一支能攻善战的科研队伍，在党中央直接领导下，航天人通过艰苦奋斗，创造出了令世人瞩目的成就。

人类社会由于科学技术的不断发展正向新的领域迈进，向空间进军，开辟人类第四活动领域，向宇宙索取资源已成为发达国家总体战略的主旋律。卫星技术的广泛应用、载人航天、在近地轨道建立空间站早已成为事实，开发空间资源的课题已摆在人类的面前；深空探测，开展空间科学研究，进一步探索地球的成因及人类的起源。这一切都标志着空间科学将为人类发展发挥更大的作用。

面对世界航天的发展趋势，我国的航天产业的发展方兴未艾。扩展航天成果的应用，攀登航天技术的新高峰，培养造就新一代航

天人，以崭新的姿态迎接21世纪空间开发时代的到来，这是时代赋予我们的历史使命。

我坚信，在中国共产党的领导下，在发展高科技战略的决策指引下，在改革开放的有利条件下，只要严格遵循科学发展循序渐进的规律，充分吸取国内外的先进经验，发挥优势，团结协作，共同奋斗，我国的航天事业就必将在世界的东方再现辉煌！

作者系710所原所长

仿制1059控制系统

杜 有 奇

根据中国、苏联两国政府达成的新技术协定，1958年1月，苏制P—2导弹（我国称为1059导弹）的实物样品陆续运来，但设计图纸和工艺工装资料却未到达，仿制任务就是在这种条件下开始了。

1059是一种“地—地”近程导弹，推进剂是液氧和酒精，射程为200—500公里。这是苏联人二战后在德国V—2导弹基础上改进的。希特勒二战期间，在德国一个叫做庇内门德半岛上建立了以布劳恩为首的导弹研制基地，他们所研制的V—1、V—2飞弹曾给英伦三岛造成了巨大的威胁和损失。今天，我们能有幸参加这一神秘而崇高的事业，肩负起保卫祖国、发展航天的重任，心里别提有多么高兴和自豪，暗下决心，就是再苦、再累、再难、再险也要干下去。诚然由于保密和纪律的约束，不能同家人、亲朋、同学述说工作学习情况，但从此树立了一生的信念：心系航天，生在永定路（工作地），死在八

宝山。

仿制要把别人的真正学到手

我们工程组承担着 1059 控制系统无线电横偏校正系统的部分工作，主要有发射天线、天线交换器、检查站天线等。正式的仿制任务是在 1958 年 6 月以后开始的。在生产图纸未到的情况下，为了争取时间，组织了专家、技术人员和工人师傅，共同对样机进行实物测绘、编制器材清单、制定工艺流程、制造工装模具，投入零部件生产。我是 9 月参加工作的，承担着部分结构研制工作。当时还没有职工宿舍，住在附近一所部队称为油料学校的宿舍里。由于工作繁忙，一个星期后就把行李搬到了办公室，大家通宵达旦，日夜苦战。不久，试制工厂就拿出了一大批零部件。然而，这种简单测绘生产的产品，要达到尖端产品的技术要求和质量标准确有很大的差距。毕竟我们对这种高科技产品的复杂程度认识不足，从材料到工艺，从技术水平到制造水平，都不够成熟和完善。等到 1958 年底原文资料到达后一对照，才发现我们自制的零部件，简单的还基本符合图纸要求，稍微复杂的尤其是关键件大部分都要返修甚至报废，仿制工作遭到了第一次挫折。我们也通过这第一回合，学到了很多东西，找到了差距，真是一次很好的学习。1959 年，我所在的二分院党委号召全院职工以仿制 1059 为中心，开展技术学习活动，要“吃透”1059。为了让大家学习消化好图纸资料，领导抽调我去翻译工艺资料，虽然我在学校学过俄语，但对专业术语很不熟悉，于是每天起早贪黑，查阅“俄汉兵工辞典”，“俄华大辞典”，切磋疑难语句，虚心向老同志请教，终于在不到一个月的时间里，完成了百页以上的工艺资料翻译工作。“一定要把 1059 学到手”这个口号当时叫得很响，通过初期的仿制，我们领会了学到手的内涵，那就是，仿制绝不是简单的模仿，而是要达到掌握的目的，为日后的

自行设计打下坚实的基础。只有下苦功去吃透，才算真正学到手。那些日子里，上上下下掀起了学习技术的热潮。

但在如何处理仿制中出现的问题时，也存在着不同的认识。记得 1959 年夏天，原文资料基本已经中文化，对图纸资料中的各种要求，尤其是一些枝节上的要求，是否要“百分之百”地“不走样”地去“仿”，出现了不同认识。怎样把握这个“度”，确实是仿制中一个值得注意的问题。例如车辆上使用的一把斧子的木柄或一个组合上使用的挡油圈，图纸上的材料标准按苏联 ГОСТ 查出来是西伯利亚红松和乌克兰产某种羊毛制作的毛毡，显然可以用国内的材料解决，但仍有人不同意。有的同志急得没办法，说 ГОСТ、ГОСТ（高斯特——苏联国家标准），简直快把我搞死了。我们把这种情况向领导作了汇报，很快得到了解决。后来得知聂荣臻副总理 7 月 22 日有过批示，大意是外料未到，应用国料试制，不要专赖外援。这使我们在仿制中找到了如何处理材料的钥匙。

这期间，还发生了一件事。就是试制工厂通过测绘样机生产了一大批零部件，尤其是一些非关键部位的零部件，是采取全部报废，还是有选择地分门别类按照继续使用、进行返修和报废重新生产三种情况去处理呢？我们经过分析认为，要坚持一切从实际情况出发的观点，对已生产合格的零部件凡已符合或高于原文图纸要求的完全可以重新使用。于是室领导责成我执笔，将已生产的所有零部件列出清单，对准备重新使用的零部件大约有几十种数百件之多，说明情况，提出重新使用的理由，逐级上报，最后得到了周维院长的批准。此举，节省了大量人力、物力、财力，同时也赢得了时间，受到了领导的好评。实践证明，这种做法是正确的。

在仿制过程中，我们紧紧抓住了仿制、学习、练兵这三个环节，并把这三者密切地联系在一起。作为设计部门，我们进行了大量的反设计，对这一武器系统的性能指标、总体思路都有了认识上的飞跃。同时我们还深入生产现场，写出了不少生产技术总结。两年半

我们深受教育和启发。片面追求速度，最终会表现在产品的质量上、表现在飞行试验中，其结果是“欲速则不达”。1059的仿制过程，使我们逐步做到了严格按图纸要求生产，强化工艺文件的严肃性，严格把好产品质量关，仿制工作也就从幼稚走向成熟，从紊乱走向有序。各级还建立并完善了许多质量验收的制度和程序，从而确保了产品质量，为日后航天产品质量保证体系的完善奠定了基础。

三年的时间并不算长，我们坚持了一方面振奋精神，艰苦奋斗，加班加点，以拼搏的斗志，抢时间去完成任务；另一方面扎扎实实练好基本功，夯实基础，吃透资料，依照科学规律办事，终于取得了我国研制第一发导弹的胜利，实现了仿制的高速度与高质量的协调统一。

艰苦与甘甜的事业

航天事业组建初期仿制1059的那些日子，用日夜苦战来形容创业者们的精神状态是毫不过分的，用无私奉献来描述开拓者们的思想境界也是名副其实的。三伏盛夏，野外作业，连一顶草帽都没有；三九严寒，坐卡车去试验基地，一件旧军大衣裹身。在这支队伍里，奉献和索取是找不到等号的。正是这些创业者们铸就了“自力更生、艰苦奋斗、大力协同、无私奉献、严谨务实、勇于攀登”的航天精神。那时候，条件再艰苦，我们也无所畏惧，心中只有一个信念，坚信总有一天会拿出我们自己的导弹来。看着那巨大的火龙，冲上蔚蓝的天空，跨过崇山峻岭，绘出人间彩虹时，我们才觉得自己真正为壮军威、振国威尽到了责任。1960年11月5日9点2分24秒，1059导弹起飞，7分多钟后，命中目标区，试验取得圆满成功。由于保密原因，我们得知这一消息时已是好几天之后，但依然激动得流出了热泪，多少个日日夜夜，我们历尽了艰辛，终于有了

回报和奖赏。有人说,中国陆地的版图像一只雄鸡,1059仿制的成功,不正是给我们年轻的共和国带来了一声胜利的报晓吗!从此,我国结束了自己不能制造导弹的历史。此时,我由衷地感到,从事航天事业本身就是一种政治选择,当然也是精神的选择;航天事业既是艰苦的事业又是"甘甜的事业"。作为航天人要耐得住寂寞,耐得住清贫,疏于显山露水,安于淡泊宁静,但我奋斗无悔,终生无悔。

四十年苦辣酸甜,当年的创业者们,许多都已实践了自己"献了青春献终身"这句不成文的承诺。我本人也要退役了。诚然,我的能力有限,贡献微薄,但我已尽了力,四十年的经历使我感到生命的充实。

航天事业是艰苦中有甘甜的事业。

我们是些甘愿为此奉献终生的人。

成功属于不畏险阻执著追求勇于奉献的航天人。

祝愿我国的航天事业永铸辉煌。

作者系二院原工会主席、高级工程师

1059 引信的仿制

陈 大 勇

整整四十年过去了，回顾起这一难忘的航天战斗历程，事事再现，真是感到又激动又美好。多么有意义的日子呀！我最难忘怀的“1059引信仿制”是独立自主、自力更生、艰苦奋斗、大力协同航天精神的伟大体现，是我国航天史册上永远铭记的篇章！

下厂仿制、学习锻炼、既出成果、又出人才

我是 1958 年从北京工业学院分配到老五院工作的。回忆起我国航天事业的壮大和发展，好像一部大型电视连续剧一样幕幕再现，我印象最深的要算在 1059 引信仿制的日子。那时我不满 21 岁，到五院报到便立即被分配到一分院一部四室。当时南苑的研制基地一无所有，仅有一百多人的研制队伍在飞机修理厂附近十分简陋的平房里工作生活。我当时感到一切是那么

神秘、崇高和新鲜，脑子里虽感到空白，但却是信心十足。

研究室的领导谢光选让我先学习 1059 资料，告诉我不久可能承担东风一号引信的设计工作。后来又组织我们去参观了产品实物，这对我这样一位刚出校门、只在书本上听过老师讲授的年轻大学生来说，真是感到高兴神圣极了，这种真东西确实庞大复杂，内心不由产生了难以表达的自豪感，我们边看着份份图纸资料，边向早来的同志和技术领导询问请教，也试图作些设计，同志们相互间也进行一些研究讨论，总觉得有些东西深不下去，搞得不清，吃得不透，动手自行设计感到无从下手。在临近 1958 年底，室里一些早来的同志议论：中央及五院可能有新指示精神，要吃透 1059 苏联资料，使 1059 尽快仿制成功，年轻的科技人员必须到仿制生产第一线，通过下厂仿制学习锻炼提高，才能出成果出人才。

就在不久的一天下午，室领导找我谈话，让我立即参加下厂工作组，到沈阳 724 厂和抚顺 474 厂承担 1059 引信及火工品的设计代表及军代表任务，就这样我便开始了两年的下厂仿制工作。我们引信仿制沈阳抚顺工作组共有四位同志，组长是 1957 年毕业的徐建华同志，另两位是和我一起来的。我们负责沈阳 724 厂和抚顺 474 厂的仿制工作，我以沈阳为主，也去抚顺学习兼管一些仿制工作。我们当时就住在厂招待所，同厂里工人、技术人员一同工作劳动，一切按厂里规定上下班，边生产、边学习、边处理生产中的设计技术问题，参加一些生产劳动并每周按厂里规定参加一天干部劳动。刚参加工作，上进心特别强，事事总不甘落后，能严格要求自己，参加劳动时也能吃苦，不怕脏、不怕累。有一次在团员们一起的义务劳动中，由于当时年轻有劲，两桶粪便我一手提一桶，厂里工人夸我们，我还被厂团支部评为优秀团员。就这样厂里加班我们也加班，厂里政治学习、党团活动，我们也一样参加，工作生活既紧张又充实。

仿制任务、上下一心、又红又专、学习榜样

由于党中央毛主席十分重视航天事业，周总理亲自过问，聂荣臻元帅直接抓，全国上下一条心，选择设备条件好、技术力量强、政治素质高的工厂仿制生产航天产品，为此负责引信火工品仿制的724厂、474厂也都非常重视仿制任务。厂里领导和工人技术人员都把能承担航天任务看成是毛主席、党中央的信任，感到非常光荣和无限幸福，他们都不负重托，不讲条件，不顾代价，不惜牺牲一切的、千方百计的完成好任务。由于保密性强，把我们这项任务叫做580任务，意思是指1958年下达的。

厂里委派政治可靠、技术过硬的优秀技术人员和技术工人专门承担这项工作，一听说是中央军委交给的仿制任务都干劲很大，不分昼夜、不怕劳累、不计报酬、加班加点、一丝不苟精心工作。原材料、元器件等生产供应，一切确保，广开绿灯。厂里当时委派的技术人员都是工人出身的技师，他们既有丰富的生产实践经验，又能自己动手画图设计，干活效率高、速度快，不计报酬不讲价钱，给我们树立了榜样。他们全都是共产党员，真是又红又专，他们辛勤工作，不怕脏、不怕累，从不叫苦，没要过加班费，没吃过加班饭，在共同的工作生活里向他们学到了许多实际生产技术知识，又学到了不少好思想、好品德。有一位工人出身的技师黄师傅是党小组长，血压高，长期失眠，眼睛都睁不开，经常发红、流泪，为了580任务从没请过假，早来晚归，星期天、节假日从不休息，带病忘我的坚持工作，不声不响默默辛勤的测绘产品、设计工装，使产品能顺利生产并保证了产品质量，为引信仿制成功作出了牺牲和不可估量的贡献，就在仿制成功不久的一天，他住进了医院，知道的同志都流下了感激崇敬的热泪，他就是我永远学习的榜样。

领导关心、成功成才、苏联专家、国际主义

在我们两年的下厂仿制中，研究室、设计部的领导同志经常来厂了解情况，关心鼓励我们，听取我们的汇报和厂里对我们的反应。有一次设计部政委刘川诗、副主任徐兰如来沈阳 724 厂检查工作，同我们吃住在一起，关心我们的工作生活，转达毛主席、周总理、聂总对老五院的关心和指示，告诉我们："党中央十分重视我们的导弹事业，全国都在支援我们，中央正从全国抽调大量年轻优秀的技术专家、科技人员、政工干部来五院工作，中央指示要人给人，要设备给设备，全国开绿灯，要大力发展导弹事业，并拨经费给五院建办公楼、宿舍楼，从沈阳、广州等大军区整迁部队医院来京组建一、二、三分院的专门医院，以保证我们的医疗和健康。"并且告诉我们："不久全国各大学将有大批毕业生分配来老五院工作，聂总还亲自指示要保证老五院的知识分子吃好、住好、工作条件好。"刘政委、徐副主任鼓励我们一定要通过下厂仿制学习本领，要不怕吃苦，好好向工人阶级学习，一定要把 1059 仿制成功，努力锻炼人才。

在 1960 年三四月份的一天下午，接到沈阳地区工作组通知，一分院林爽副院长来沈阳检查工作，让我们引信仿制工作组去沈阳某招待所汇报，其他同志当时均不在沈阳，就只有我一人前去汇报。当林副院长见到我时，十分热情亲切，询问我们的工作、生活、学习，当听完我的简要汇报后，非常高兴地鼓励我们，干得不错，要再接再厉，要我们加强组织纪律，严格要求自己，远离领导，个人单独作战，一定不要出问题。

帮助我们工作的有一位苏联引信专家，经常下厂处理解决仿制中的技术问题。1059 引信是一个机电产品，火工品的电阻丝的材料和尺寸要求比较高，国内没有，还要从国外进口，引信的主要

组合件比较复杂，加工制作有比较大的难度，仿制生产中经常出现需要解决的技术问题，每次专家来厂，我们都是很认真注意地紧跟着他学习。厂里工人技术人员提出的许多技术问题，专家都一一回答解决处理意见。每次的谈话、处理问题，我都聚精会神地听取并作好记录，生怕漏掉和听不清，有时翻译人员由于不懂技术，翻不清专家讲的原意，当时沈阳地区工作组负责人刘从军同志还打断说让我来翻译（他是在苏联某军事工程学院学习毕业后回国的），以讲清专家所讲的技术问题。这位引信专家是工人出身的一位中专生，有丰富的生产实践经验，很风趣，也很直率，有国际主义精神，愿意把他知道的知识告诉我们。就在赫鲁晓夫撕毁协议，决定撤走苏联专家回国的时间里，这位引信专家还恋恋不舍，把技术经验告诉我们，同我们工作组的同志一起聚会、照像、去郊游、跳交际舞等，关系非常友好，临走前还送给我们每人一件纪念品。

不怕艰苦、战胜病痛、学到知识、取得经验

1959年、1960年在沈阳、抚顺生活比北京还艰苦，正赶上当时东北供应困难；整天吃玉米面窝窝头和高粱米饭，没有菜吃，有时还吃豆饼和喝盐水汤。当时我和其他同志因营养供不上，吃得不好，身体都出现了不少毛病，我的几颗牙就是当时痛的厉害而拔掉的，还因此大便干燥拉血得了痔疮，虽然生活艰苦困难，我们从未说过，也没告诉过领导，两年里硬是坚持一天也没回过北京，没离开过沈阳、抚顺的仿制岗位。每个同志都严格要求自己，不怕苦、不怕累，坚持把1059引信、火工品仿制中的生产技术问题解决处理好，使仿制工作进展顺利。

在这两年的引信仿制中，我确实学到了不少知识和生产经验，加深了对1059苏联资料的学习。我们承担着军代表的验收职责，我们工作组在验收零组件的过程中，由于我当时年轻，眼睛好，也

就承担了引信小零件表面质量的检验工作。我一个一个小零件的检查验收，挑出了一些不合质量要求的产品，保证了引信产品的仿制生产质量，受到过工作组、厂方及部、室领导的表扬。

通过两年的 1059 引信仿制，我学到了不少知识，增长充实了许多经验。在我奉命调回的 1960 年年底还写了一份技术报告，被五院评为一级报告。在我们工作组的共同努力下，在五院各级领导的指导关怀下，1059 引信及火工品仿制成功，这一切是与党中央、毛主席、周总理、聂总等老一代革命家无微不至的关怀、英明决策和指示分不开的。通过 1059 引信仿制的点滴回忆，充分体现在党的领导下航天人的创业精神，我万分振奋、记忆很深，永远成为鼓舞我工作、生活的巨大力量。

作者系二院 699 厂原主任工艺师、研究员

第二篇

磨砺神剑

综　述

在航天技术基础上发展起来的各类导弹武器，是一个国家国防现代化的重要标志之一。东风烈焰万丈，神剑昂首苍穹；弯弓满月列阵，长缨威镇九州。我国用自己研制的导弹武器筑起了一座钢铁长城，中国永远摆脱了落后挨打的地位，屹立于世界民族之林。

1964年，我国自行设计的第一枚中近程地地战略导弹东风二号发射成功，标志着中国的导弹工业走上了独立研制的道路。十年磨一剑。经过广大职工奋发努力，我国不仅具备了研制从近程到洲际地地导弹的能力，而且拥有了保卫祖国领空、领海的防空、海防导弹。60年代我国研制的防空导弹就曾有过击落侵入我国领空的美制U－2高空侦察飞机的战绩。特别是自80年代以来，我国洲际导弹全程飞行试验和水下潜艇发射的固体战略导弹相继获得成功，90年代我国研制的“杀手锏”武器在东海军事演习中崭露头角，表明我国的导弹武器已经具有核

反击的能力；在防空导弹方面，拥有了从高空、中高空到中低空、便携式低空防空导弹系统，基本形成了能攻击不同空域目标、具有不同发射方式的装备体系；在海防导弹方面，拥有了从岸舰到空舰、舰舰、超音速反舰导弹的海防武器，基本形成了具有多种打击手段、多种装载方式的装备体系。我国多类导弹已经形成完整系列，大大增强了国防实力，成为巩固国防、保卫祖国安全的一支重要力量。

我国已经完成第一代导弹装备的研制。战略导弹从近程到洲际，从液体到固体，从陆上发射到水下潜艇发射，许多装备已进入世界先进行列，显示了强大的威力。战术导弹装备从陆地到空中、海洋，从车载到单兵肩射，从舰上、机上到水面、水下，从阵地到机动，种类齐全，配套完整，技术先进，在我国广阔的国土上有了多种对付敌人入侵的现代化防御武器。而这一切都是由航天战线的广大科技人员、工人和干部，依靠全国范围的紧密合作和大力协同，用自己的智慧和力量创造出来的。我国导弹装备研制进入了更新换代的新阶段，正在迈上一个新的台阶。

我国研制的多类战略、战术导弹武器，守护疆土，激扬军威，大大提高了我军国防现代化水平。

第一种国产导弹的诞生

林　爽

在航天事业创建初期，对我印象十分深刻的事，是我曾亲自参加仿制 1059 和东风二号研制。这两个型号今天虽然都已经退役和停产了，但在航天事业上坚持独立自主、自力更生的精神永远流传了下来。通过这两个型号任务的完成，促成了航天事业初期研制基地的建设，组织起航天事业初期的全国研制协作网，摸清和掌握了地地弹道式导弹的研制程序和系统工程的管理规律，并培养锻炼出来一批系统工程研制和管理的精兵强将。可以说，这两个型号任务的完成，为我国航天事业开创了一个良好的开端，也打下了比较坚实的基础。

一、1059 的仿制是一次成功的技术引进

老五院（国防部第五研究院）建院之初，由于当时苏联对我国航天事业的援助和态度不积极，在这种情况下，我们对地地型号的研制曾走

过反设计的道路，也有过自行研制的想法。1957年10月15日与苏联签订了新技术协定后，才明确了苏联给予援助并派专家帮助我们仿制苏制P-2型号(代号1059)，以及提供导弹研制基地和发射基地的工程设计资料。但1059是比较落后的型号，这时又正值1958年我国大跃进时期，在群众中就萌生了与其仿制一个落后的型号不如直接研制一个先进的型号的想法。究竟是仿制还是自行设计，当时两种思想随着形势的变化此起彼伏。

苏联方面为执行协定于1958年1月派代表团来北京就研制基地的设计任务书和仿制问题举行谈判，并对研制基地进行勘察选点，定下了代号8102、8103、8108、8109(8102是一院的工程代号，8103是试验站的工程代号，8108是空气动力研究所的代号，8109是二院的工程代号)的四项工程。对仿制工作进行了选厂定点协作的考察。谈判于3月17日结束。

在与苏联签订协定之后，我们为执行协定作准备，进行了组织调整，将原来的10个研究室扩编为一、二两个分院，又从部队和地方抽调了一批骨干力量和工程技术人员加以充实。人员来自五湖四海，虽然大家积极性都很高，可是由于过去的工作环境形成的思想作风各异，急需统一思想，增强团结，以利事业继续发展。在老五院党委主持下，召开了历史上有名的83天的四级干部会议。

(一)四级干部会

这次会议开始时主要目的是整风和反对教条主义。整风是为了统一思想，加强团结。反对教条主义当时主要是针对学习苏联一长制的。会议发展的结果，对学习与独创的关系和五院的体制归宿问题，也提了出来，并得到了解决。

会议通过学习文件，发扬民主，各自多作自我批评，相互谅解，消除隔阂，解除思想疙瘩，最后达到了增强团结的目的。

在会议进行中，提出了老五院的体制方面的问题。如实行党委领导下的首长分工负责制还是学习苏联的一长制；是采用部队的

体制还是地方的体制；归部队系统领导还是归地方工业系统领导等都暴露出了不同的看法。最后这些问题都反映到聂总那里。聂总非常严肃地重申：各工业部的负担已经很重，如果把尖端的科研任务再压给他们，他们会顾此失彼。先将导弹研究院放在军内由我来管，依靠国家力量组织大协作，待有了结果再说。通过实践，证明这一决定十分正确。它起到了稳定情绪，制止干扰，鼓舞人心，加速建设的作用。

在会议中提出的另一个问题是以仿制为主还是以研制为主的问题。这时苏联的援助已开始执行，如放弃仿制，舍近求远，既对苏违约又丧失良机。而主张自行研制的人认为，尖端事业的援助不可能将最先进的东西拿去援助别人，靠仿制只能跟在别人后面走，永远受制于人。对这两种观点，聂总早在1958年春天就曾作比喻说过，仿制是"爬楼梯"，爬上楼梯才能研制，先学会走才能学跑。在会议上也传达毛主席对二机部(核工业部)的指示："要先写楷书。"于是在整顿思想作风的同时，认真地讨论了仿制与自行研制、学习与独创的辩证关系问题。最后决定还是以"仿制为主"，在仿制中学习设计；把当时正在研制的老东风一号改为预研，留少数人进行工作，把大部分人组织到仿制队伍中去。实践证明，这个决策是对的。在有外援的条件下，利用外援先进行仿制，然后在仿制的基础上坚决走自己研制的道路是事半功倍的。这是一次成功的技术引进。

四级干部会统一了思想，增强了团结，明确了研制步骤，排除了在体制问题上的干扰，加强了思想政治工作，对我国导弹、航天事业起到了奠基的作用。是一次非常重要的会议。

(二)组织全国的大协作网

仿制1059，我们面临的头一个问题就是手中没有工厂，要仿制，只有走全国大协作的道路。虽然苏联专家代表团和我们对协作定点生产(仿制)作过考察，也研究过一个设想方案，但那只是意向，要落实还要做很多的工作。苏联代表团走后，在上级的安排下，

老五院和当时的各有关工业部共同协商将211厂(属原一机部四局)定为导弹总装厂,划归老五院管辖。发动机系统由原一机部四局(航空工业局)承担,控制系统由原一机部十局(电子工业局)承担,材料由冶金部和化工部、建工部等单位承担研制,这样组织起全国的大协作网。整个仿制工作由老五院作为设计方负责抓总。根据这个协定的原则,老五院作为设计方派出代表带上图纸及有关技术资料、实物样品和相关的苏联专家,一道下到定点协作厂安排试制。我方设计代表实际上多是大学刚毕业不久的同志。他们在建院初期曾进行过导弹的理论学习,后又跟苏联专家进行过实物和操作的学习,这次在仿制中作为设计代表下厂,实际上又是一次在实践中向苏联专家学习也是向工厂的工程技术人员和老师傅学习。在仿制过程中,克服了许多困难,终于拿出了产品。我们的设计代表也都通过和工人群众一起摸爬滚打,学会了生产管理和工艺设计等方面的有关知识。这样在仿制的实践中,培养了最初的设计人员。这些同志后来多数成了我们航天事业中各方面的骨干。

这次仿制最大的收获,就是组成了我国导弹研制的协作网和培养了一支导弹研制的骨干力量。虽然他们的水平还不高,但这是从无到有的变化。有了这个基础,就可以向更高的层次发展了。

(三)1059仿制成功

P-2定名为1059,是因为原来想在1959年10月1日前仿制出来进行飞行试验的。这个想法是受大跃进形势的影响。本来就难以完成,加上在仿制后期苏联撕毁协定,制造障碍,撤走专家对进度也有影响。好在当初决定仿制时,就明确了要坚持独立自主、自力更生的方针,立足于国内而不是依赖外援,这样终于在1960年下半年仿制成功。1960年11月5日在20基地进行了飞行试验,一举成功。当晚,聂总在庆祝酒会上说:“在祖国的地平线上第一次飞起我国自己制造的第一枚导弹,这是毛泽东思想的胜利,是工人、技术人员、干部以及解放军指战员辛勤劳动的结果。这也是

我军装备史上一个重要的转折点。”聂总全面概括了1059仿制成功的重大意义。

二、东风二号的研制使我们学会了系统工程的研制和管理

1059仿制成功的前夕，苏联撕毁协定，撤走专家，断绝了我们走再仿制的道路。这是坏事，但也是好事，它促使我们坚定地走自力更生、自行研制的道路。

(一)研制型号的确定

早在苏联专家撤走之前，下一步怎么搞就有许多同志在动脑筋，归纳起来是两种意见，一种是步子小一点，在1059的基础上加以改进，把射程提高到900—1200公里；另一种是步子迈大一点，将原来设计的老东风一号作为型号上马设计一个3000公里左右的型号。这两种作法一直都在探索，到这时争论就更加激烈了。为了决定下一步计划，老五院党委召开扩大会议讨论，讨论中两种意见相持不下。最后请示聂总，决定设计东风二号，将老东风一号再一次作为预研型号安排。实践证明，这一决定既避免了走弯路又加速了航天事业发展的进度，也符合聂总关于研制按三步棋(一个生产，一个研制，一个预研)安排的设想，使研制工作协调地向前发展。

(二)东风二号的研制和它的第一次试验失败

东风二号的设计总的想法是对1059加以改进，挖掘1059可能挖掘的潜力，就是提高比冲，加大推力，相对地减轻结构重量，增加起飞重量，对1059在使用操作上存在的缺点能改则改。由于这是第一次进行系统工程的研制，对系统工程的特点了解不够，又认为这只是在1059的基础上的修改，有点照猫画虎的意思，就没有对改变后的方案可行性作充分地论证。在研制管理上总体和分系

统齐头并进，大家都在改进 1059 上各作各的文章。

这次研制时间用得很短，总共用了一年多一点的时间。当时还是在三年困难时期，生活和工作条件都十分艰苦，但群众的情绪仍然很高，白天热火朝天，夜晚灯火辉煌。在协作厂里的同志也是同样的艰苦和努力。1962 年 3 月初导弹总装出厂运往靶场，这时群众的兴奋情绪可想而知。211 厂的同志对导弹出厂视同女儿出嫁，一路上倍加照顾，每隔两小时就到运输车上检查温度、湿度、压力和振动位移等情况。产品到靶场后于 1962 年 3 月 21 日进行飞行试验，起飞后不久导弹即偏离弹道，接着发动机起火，69 秒时导弹坠毁于发射台前不远处。这次试验没有成功，对东风二号全体参加研制的人员是一个极大震动，尤其是当时在场参试的人员心情都十分沉重，211 厂有的同志甚至失声痛哭。

这次失败给研制队伍带来一些思想混乱也是必然的。但就在这沉痛的时刻传来了聂总的指示，意思是既然是试验就有失败的可能，不要追查责任，不要泄气，吃一堑长一智，查找原因，总结经验，以利再战。

(三)冷静下来总结经验以利再战

东风二号第一次试验是失败了，但不是没有收获。它的收获主要是对型号(系统工程)的研制走了一个过程，对系统工程的特点有所了解，同时按研制程序也建立起一些必要的管理制度，如图样管理制度，工艺审查制度，试验件加工制度，总体分系统的设计任务书(开始我们叫技术要求)制度，设计与研究试验之间研究任务书和试验大纲以及与使用部门的勤务指南等等，这些都照猫画虎作了一遍。另一方面又由于是第一次作这样系统工程的研制，对系统工程的认识还有不够的地方，有一些关键本质的重大问题被忽视了。这次试验的失败恰好把这些矛盾都暴露了出来。

在聂总的指示和老五院党委布置下，全院有关部门查找这次失败的原因，总结经验教训。经过讨论研究，采取了以下一些措施。

1. 首先是修改设计方案。这次飞行试验失败的直接原因，是由于忽略了减轻导弹结构重量使弹体的刚度降低成为弹性体，影响了控制系统的稳定。还由于发动机提高推力使可靠性降低以致导管破裂。针对这些问题，修改了东风二号的设计方案。

2. 加强技术责任制。将设计委员会改为总设计师制度，建立起总设计师、主任设计师、主管设计师系统。他们分别对型号、分系统以及元器件、单机、设备、仪器等负责。总体部作为总设计师的办事机构，提高了总体部的地位和加强了在研制工作中的协调作用。

3. 严格按程序办事。明确规定合格的元器件才能装到单机上去，验收试验合格的单机才能组装成分系统，分系统试验合格后要作相互之间的匹配试验，试验合格之后才能装弹。如果某一阶段的试验不合格，则需要修改设计直到成功。一定要使前一阶段的工作作为后阶段工作的可靠基础。

4. 加强地面试验。所有产品都要作各种应作的地面试验。从零组件、元器件、单机、整机分系统以至全弹都无例外地从例行的环境试验、专项试验、匹配试验、模拟试验到全弹试车一项不能漏掉，制订了 17 项大型地面试验计划。为保证计划的实现，除加速四项工程的建设外，还提出了全弹试车台、全弹振动塔、大型控制系统的模拟试验室等项目都要抢在修改设计后的东风二号出厂前建成。

5. 贯彻老五院党委提出的“一丝不苟”的作风。吸收上次飞行试验失败的教训，针对暴露出来的质量问题，对原材料、元器件入厂到半成品和成品的检验，直到产品包装铅封的生产全过程实行严格的检验责任制，加强了质量管理。

6. 逐步完善系统工程的管理工作。对型号这样一个典型的系统工程实行科学管理，要使它有条不紊地协调地进行，必须要有一个共同的行动计划和各种规章制度。当时总体部制订了一个方框流程图（后来逐渐发展为现在的网络计划和计划协调技术）。分院

和老五院都成立了调度室，按照共同行动的计划进行调度和组织设计师进行协调。在此基础上逐渐发展，形成了型号的行政指挥线。

根据以上措施和老五院党委“严格按程序办事”、“一丝不苟”、“风雨无阻、马不停蹄”的要求和指示，对东风二号进行了修改设计工作。在这期间，老五院也进行了一次组织建设工作。

（四）《国防部第五研究院暂行条例》（草案）的产生

早在东风二号开始设计的时候，虽然所有人员积极性都很高，但工作秩序比较乱。大家对这一点都有察觉。为改变这一状况，1962年春天老五院党委就组织人员编写《国防部第五研究院暂行条例》（草案）（简称七十条）。这一条例贯彻了中央批转的《自然科学十四条》的精神，也吸收了1059仿制成功和东风二号第一次试验失败的经验教训，对老五院各部门各方面的工作，结合工程研制的特点，都作出了明确的规定。对党、政、科三个方面都有原则要求，又有具体规定。这对老五院来说是一个纲领性文件。这个《条例》（草案）于1962年底颁布实行。在贯彻实施“七十条”的过程中，各部门狠抓了各种规章制度的建设与实施，老五院各部门和基层的工作才走上积极而有秩序的轨道上来。这对东风二号的进一步研制创造了良好的条件。

（五）东风二号再次飞行试验成功

东风二号第一次试验失败后，又经过了两年的修改设计，〇一批第一发导弹于5月25日出厂运往靶场。这次试验是国防科委张爱萍副主任主持的。张爱萍副主任没有要求我们保证试验必需成功，而是要求对上次失败的问题必需解决了才能进行这次试验。我们向他汇报了针对上次试验失败的两个问题所采取的措施及解决的情况，这样就在1964年6月29日进行东风二号的第二次飞行试验。这次试验一举成功。以后又连续试验几次都成功了。

到这时，我们对型号研制才真正成功地走了一个全过程，才学

会了对系统工程的研制和管理，将我们队伍的素质从仿制 1059 的水平提高到研制新型号的水平。这是一次质的飞跃。

通过 1059 的仿制和东风二号的研制成功，充分体现了社会主义制度的优越性。没有社会主义的大协作，仿制和研制是不可能成功的。同时也证明了老一辈无产阶级革命家的英明决策与胆略。在关键时刻是他们给予我们信心鼓舞我们前进，是他们的关怀教育培育出今天航天事业的一代风流人物，使我国的航天事业跻身于世界空间大国之林。

作者系原七机部副部长

难忘的首次"两弹结合"试验

武 俊 华

每当回想起 60 年代首次"两弹结合"的艰苦历程，老一辈无产阶级革命家对尖端技术的英明领导和亲切关怀，为探索两弹结合途径而多次进行的曲折、卓有成效的技术协调，那些全新而又困难的各项地面试验，举世震惊的我国首次导弹核试验，聂荣臻元帅亲临现场指挥的音容笑貌等等，都令我难以忘怀。

超越曼哈顿计划

经常被系统工程学作为成功事例加以引用的美国曼哈顿计划，是 1942 年制订用来在短期内突破技术关键和扩大原子弹研制规模的庞大计划，直接动用的人力约 60 万人，投资 20 多亿美元。直到 1957 年，红石、丘辟特、雷神等地地导弹才有了能适应导弹环境的小型核装置。也就是说，从开始研究原子弹的 1939 年到生产导弹核武器的 1957 年，用了近 18 年的时间。

然而，中国在1956年才开始导弹和原子弹的研究工作，工业基础和技术力量与美国无法相比。但是，在党中央正确领导下，我们发扬自力更生、发愤图强的精神，在60年代初，仿制成功近程导弹进而转入了自行设计阶段。当时，由于苏联毁约停援、撤走专家，给研制工作带来很大困难；但党中央仍然认为：只要坚持攻关，加上措施得当，争取三五年或更长一些时间取得导弹和原子弹研究的突破是完全可能的。为了加强对两弹研制工作的领导和组织全国大协作，1962年11月，成立了以周总理为首的中央15人专门委员会。1963年，在已经有了原子弹装置方案和进行了核试验准备工作的情况下，经当时的五院提出，国防科委同意，并由导弹总设计师林爽和一分院领导带队，两次和二机部九院进行了接触。为了进行练兵和技术准备，研究室领导要我负责的工程组进行两弹结合"试设计"。由于只知道原子弹是个大球，具体参数知之甚少，故未取得实质性进展。1964年4月，由钱学森主持，请九院邓稼先等核物理专家介绍了我国第一颗原子弹的设计方案、构造原理，会后，确定由导弹总体设计部的谢光选主任负责两弹结合的技术领导。

1964年10月16日，赫鲁晓夫下台的同一天，我国成功地爆炸了第一颗原子弹。此时，我国第一个中近程地地导弹也已飞行试验成功。导弹和原子弹研制的突破性进展，促进了两弹更快地结合。两年以后，我国成功地进行了震惊世界的第一次导弹核武器飞行试验，弹头准确飞入核试验场区，在预定高度进行了核爆炸，当量满足要求。这一首次在世界上用导弹运载的核爆炸试验，一举打破了超级大国的核垄断和核讹诈，提高了我国的政治地位。从1956年开始，到1966年的导弹核试验，仅用了10年时间，比美国缩短了7年多。

神奇的结合

导弹和原子弹，是60年代初期尖端技术的突出代表，技术上虽已有所突破，但许多问题尚在探索之中，至于两者的结合应从何处着手，应解决哪些问题，则更是神秘而困难的，何况，两支队伍长期在隔离状态下工作，两弹的研制规律又大相径庭。

怎么办呢？只有相互了解情况。导弹情况是毫无保留地向九院交了底，但要了解神秘的原子弹情况就难了，在实际执行中它的保密等级要比导弹高，有时只好拐弯抹角地"摸底"。为了开展具体工作，抽专人组成了代号为140的小组，只对室主任朱桂芳负责，不发生横向联系，以利保密，办公室也作了调整，组外人员不准入内。随着工作的逐步展开，这样搞法也有问题，因为工程设计不是少数人能完成的。1966年，两弹结合协调抓总工作交型号组负责，其他有关工作按业务渠道进行。

一、娇气的乘客

原子弹是导弹上最娇气的乘客，它所住的房间——弹头密封舱要十分舒适。

要有"沙发"：要减振、缓冲，可"沙发"又不能太软，否则便不能承受它沉重的身躯产生的惯性力，并可能和壳体发生碰撞，这是绝不允许的。

要有空调：温度要保持在一定范围内。湿度得当，不能过大过小。

除此以外，导弹起飞后的冲击、振动，弹头再入大气层产生的高过载，发动机和激波产生的噪声和脉动压力，运输过程中的冲击、振动等，则是导弹固有的环境条件，原子弹必须能够承受。

二、大质量产品的减振设计

一院只是在弹体控制系统的部分仪器上采取过减振措施，但

那都是小质量产品，从几公斤最多到几十公斤，现在要对数百公斤的产品进行高效减振，是个新的课题。经调查研究，选择船用柱形减振器作减振元件，组成减振系统。先对元件进行计算和试验，取得在特定载荷条件下减振器的应力、应变和自振频率数据。因是关键工作，核装置研制单位也有人参加。元件试验后，1965年6月进行减振系统试验，用橡皮绳把装有原子弹模拟件的弹头吊起，然后加激振力，按环境条件进行试验，检查减振效率及通过共振点时原子弹是否和壳体相碰，为了及早暴露问题，试验是昼夜进行的。结果表明：减振效果满足要求。但在个别情况下，模拟球与弹头壳体发生碰撞。这就要进一步减小减振系统受力时的变形，要研制一种卡死机构，在再入之前把原子弹固定在刚度较大的支承上，再入后松开。为此，我们又组织进行方案论证，以及电爆活门、节流阀、气瓶、导管以及气压和液压作动筒的设计，这些都是弹头上从来没有使用过的东西，经试验后发现卡死瞬间作动筒碰撞模拟球时，冲击值较大，经反复修改和试验，使冲击过载值满足要求。

作试验时，导弹总装车间一位姓刘的师傅参加，他身强力大，我请他试试，在模拟件上打一拳头看冲击传感器有何反应。一拳下去，示波器上显示9个g；再用力一拳13个g！这当然不是试验内容，但给了我们重要启示。当从我国首次测得的几发导弹的遥测参数中分析出，只是在点火起飞瞬间有短时间较小的冲击振动。我想：难道原子弹就经不起一拳之击吗？经过分析，明确提出，要多作些地面试验，争取定型时能去掉减振。经过努力，终于在定型时去掉了减振系统。

三、密封仓的调温

为验证调温方案的正确性，要进行地面试验。开始时，我们先按照核装置研制单位提供的尺寸，自行加工了试验模拟件，进行试验、测量温度变化各种情况，搞得有了眉目，才把真实核装置整构件运来北京进行模装协调。为了限制接触面，在绝密级的总装车间

内，又用浅蓝色塑料围墙搭起一座面积仅 4 平方米的棚子，用来放置弹头和原子弹模型，只准持有特别通行证的人员进入。除了壳体以外，引爆控制系统也运到了北京，我们就用这些试验件进行了更为真实的调温试验。

经过大家努力，硬是把过去从未搞过的弹头调温系统及其地面设备研制工作承担了起来。没有大型低温试验室，就到部队的冷库去做；高温试验就利用 211 厂的喷漆烘干厂房进行。由于大质量产品的传热是个缓慢连续的过程，试验要昼夜不停地进行，食堂就把饭菜送到现场。时值初夏，要进入 50℃高温的环境里进行测试和操作，工作条件相当艰苦，但大家在这一新的技术领域里还是摸到了客观规律，调整了设计参数，测量了噪音的声压级，也找到了符合调温要求的地面设备操作规程。在上述试验取得满意成果的基础上，组织了试验队，带上全套地面设备和调温试验弹头进入海拔 3000 多米的试验区时，已是盛夏时令，当时大家还年轻，多数人没有高原反应，但由于气压低，馒头总是粘的。在利用有关试验室对调温系统进行了考核，结果证明：系统满足要求。鉴于曾发生过由于工作人员身穿皮大衣、毛皮摩擦产生静电使雷管在手中爆炸的惨痛教训，确保安全就成了头等大事。为此，对调温系统用的压缩空气要求十分严格，为减少静电，控制气流经过装置表面速度，对尘埃、油渍、水分含量都作了规定，坚持先经过大量模拟试验后，最后才用真实核装置做试验。

我国历史上第一次把真实核装置和弹头总装在一起了。协调关系是复杂的，为了检验调温效果，要在雷管中间安装温度传感器。总装完成后，要从车间运到试验室，尽管当地杳无人迹，但核弹头还是在前导车和后卫车的护送下，戒备森严地离开了总装厂房，由于大家的努力，双方对试验结果都是很满意的。

为了考核原子弹对导弹弹头环境的适应性，还进行了综合静力试验、噪声试验、振动和冲击试验、运输试验、底部压力脉冲试验

等。通过这些工作，我们对原子弹和两弹结合的情况心中有数了。

精心准备

中央在审查了两弹结合进展情况以后，批准进行导弹运载原子弹的飞行试验。1966年3月传达了周总理在这次会议上的指示精神：在大陆上进行导弹核武器的飞行试验，世界上是个创举，是我国两弹事业发展的新阶段，要以对党对人民高度负责的精神发动群众，确保质量，要绝对可靠，绝对安全，出了乱子就是犯罪，因此要作到万无一失。

为此，在成功地进行了导弹定型鉴定试验和引爆系统飞行试验以后，专门为两弹结合试验安排了一发靶场合练弹和多发飞行试验弹。其中包括用于安全自毁试验、核装置的冷试验和核装置的热试验（即核爆炸）以及备份试验弹。

根据中央专委的决定和周总理的指示精神，各级领导亲自动手，发动群众开展了一个迅速而深入的质量复查活动，以预防为主，把问题消灭在弹头总装之前。为此，对原始数据、设计方案、技术协调、产品质量和文件及实物配套仔细进行了复查，发现问题，坚决采取措施。复查后，作出是否合格的明确结论。然后，对可能产生的故障进行了预想。

为进一步作好两弹结合试验的技术协调工作，国防科委决定由两院总体部联合组成技术小组，由导弹研究院谢光选主任当组长，核装置研制单位龙文光主任当副组长。讨论决定先进行安全自毁试验，目的是：在热试验时万一飞行过程中出现异常现象，要及时地把原子弹和导弹炸毁，使之不产生核爆炸。爆炸高度用遥测及光测设备进行测量。

发射阵地选在酒泉试验基地，为保证航区安全，要在试验期间撤离一万多居民，发射阵地地下控制室按可能发生的核爆炸进行设计。

为了进行准备工作，多次开会就试验分工、协作、有关的技术文件及产品进行了认真地研究。最后确定飞行试验成功的评定标准是：导弹飞行正常；安全自毁试验时，弹头要能可靠地自毁；冷试时弹头应预定高度爆炸；热试时除爆高外，爆炸威力要达到预定指标。

一举成功 震撼世界

1966 年 9 月 8 日，载有导弹产品及一百多名技术人员的一级专列出发了。我们的心情是兴奋的，但头脑是紧张的，时刻意识到这次试验意义的重大。随后，运载核装置的专列也到了基地，使我们感到激动的是：聂荣臻、张震寰、钱学森等领导同志也到了基地，亲自领导我们进行这次试验，聂帅看望了试验队的同志并和全队同志合影留念。聂帅告诉我们：试验的准备情况和重大问题将随时向周总理汇报，关键时刻还要报告毛主席。

经过短时间的紧张准备，有关研制单位和基地同志再次进行协调讨论，随即投入了第一次靶场合练。虽然当时已经在全国范围内发动了"文化大革命"，工作秩序开始混乱，领导机构开始瘫痪，但在基地，强烈的责任感促使我们遵守纪律，听从指挥，一丝不苟地进行应该完成的工作，不准疏忽大意。我们严格按照临时党委要求：从难、从严、从实战出发，认真负责，周到细致，不放过一个疑点，不遗留一个问题。第一次合练完成后，9 月 28 日中央专委又发来电报，再次指出：核试验是用导弹作运载在大陆上进行的，在国际上是创举，要求只能成功，不能出事，出了事影响太大，不单是个技术问题，还是个政治问题，首先要把合练搞好，保证不出事。针对这次试验，周总理总结提出了"严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失"的 16 字要求，成为这次试验的重要指导思想，也是以后飞行试验和科研工作的座右铭。

在学习了中央专委指示精神后，进行了第二次合练；在此基础

上成功地进行了安全自毁试验和两发原子弹冷试的飞行试验。在试验进程中，著名专家钱学森经常在现场指挥，聂帅也几次到技术阵地和发射阵地检查工作。试验后，及时向周总理作了汇报，并将过去导弹飞行试验情况作了统计。周总理指示：在过去飞行可靠性90%左右的情况下，现在要靠发挥人的主观能动性来解决这10%不可靠的问题，总之要作到万无一失。现在看来，这不但在当时是对的，而且对今后型号研制也是适用的。我们要努力提高基础工业水平，改进设计工作，但毕竟和发达国家有一段差距。要想提高飞行试验的成功率，就得把大家积极性调动起来，以高度的责任感搞好技术工作和管理工作，尽量排除隐患，这是其他国家和我们无法比拟的。

为增进了解，由国防科委张震寰副主任亲自带领我们到负责原子弹总装技术阵地参观并协调工作，明确两院要在一定范围内打破保密界限。当我们带上防护眼镜和手套掂量了一下有关部件，看了原子弹内部结构后，更加理解了核装置对动环境条件的要求。我们表示：要把温、湿度调到比较理想的范围，为试验成功创造良好条件。为消除不必要的恐惧心理，龙文光主任介绍了安全方面采取的种种措施。经过协调，我们再次修改了操作细则。

最后，领导决定在10月27日进行热试验。前一天晚上，虽然试验队命令大家早点休息，但兴奋的心情又使人难以入睡。集合的哨音响后，我们提前到达技术阵地，测试合格后，小心翼翼地把核弹头运到发射阵地，转运到结合车，对接起竖，然后把核装置的温度调到理想值，直到临射前撤离发射阵地，我们才松了一口气。接近发射起飞时，按要求俯卧在地面，防止意外情况的发生。

当基地传来在预定落区核爆炸成功的消息，继而又听到广播电台播出的政府公报，我们高兴的心情可想而知！聂荣臻元帅等领导参加了庆祝大会，同志们连日来的疲劳，丢得一干二净。

作者系一院14所原副所长、研究员

中远程地地导弹的研制

李 一 鸣

1956年9月，我与梁思礼等8位科研人员奉命由中央军委通信兵部电信技术研究所调到国防部五院工作，同时，我光荣地加入了中国共产党。10月7日，是我而立之年的生日。第二天，我出席了五院首次全院大会，聆听了聂老总的重要讲话。这一天，也就是1956年10月8日，被定为国防部五院的成立日。这就是说，我的生日与国防部五院的生日只相差一天，我的党龄、航天工龄与中国航天事业同龄。这些巧合，不仅是我人生的一段佳话，也注定了我这一生与中国航天事业息息相关的命运，更成为我不断地总结过去的经验教训，筹划未来，鞭策自己努力攀登新高峰的动力。40年来，我时刻牢记党和人民的重托，牢记中国战略导弹和运载火箭事业创业维艰的历程，不忘自力更生、艰苦奋斗的传统。

1956年11月30日，我和任新民、庄逢甘、梁守槃等一起参加了钱学森主持召开的第一次

院务会议。在会上,提出了五院的三大任务和成立机构的规划。12月3日,在院干部会议上,钱学森宣布了各研究室的正、副主任及研究人员和大学生的分配名额。总设计室主任为任新民,研究人员吴宝初,地地弹道式导弹专业分配大学生17人、地空导弹专业分配大学生21人;空气动力室副主任庄逢甘,分配大学生15人;结构室分配大学生10人;发动机室主任梁守槃,分配大学生18人;推进剂室分配大学生19人;控制系统室副主任梁思礼,研究人员王泰楚,分配大学生9人;无线电室副主任冯世璋,研究人员蒋通,分配大学生14人;电测、控制元件室研究人员李一鸣,分配大学生11人;电子计算机室副主任朱正,研究人员乔石琼、柳浦生,分配大学生13人。共计研究人员12人,大学生147人。这次会议上还提出了关于地地导弹和地空导弹的规划设想。1957年3月18日传达了由聂荣臻提出、经毛泽东主席批准的"自力更生为主,争取外援和利用资本主义国家已有的科学成果"的建院方针。中国战略导弹和运载火箭的研究就在这样的基础上起步了。

今天,中国的战略导弹和运载火箭事业已经取得了令世界瞩目的成就。今天的中国也已经从一穷二白的贫困中走向初步的繁荣昌盛,但是我们不能丢掉艰苦奋斗的传统,不能丢掉勤俭节约的作风,因为艰苦奋斗的传统和勤俭节约的作风,是我们共产党人的政治本色。

1979年5月16日,我向国防科委领导汇报中远程地地导弹的研制进展情况,钱学森、马捷、张震寰、张蕴玉副主任及七机部芮杏文副部长等领导听取了汇报。在汇报产品质量问题时,谈到制导系统回路放大器(KZ57—4)在工艺振动试验中,18台仪器中有2台发生故障,经检查发现是烟台无线电五厂生产的2CW21F稳压管在振动中出现瞬时短路造成的。将18台仪器中的稳压管全部换成杭州无线电二厂的产品后再进行振动试验,18台中又有2台出现故障。后从元件库取出60个稳压管进行三方向8g振动(允许

11g)试验，每个方向10分钟，试验方法是将15只串联，用图示仪监视，反向电压150伏，限流电阻2千欧姆，工作电流40毫安，试验结果一切正常，查不出问题。后考虑用X光对稳压管进行透视检查，由于过去没有经验，为避免对稳压管和操作人员受到伤害，经查阅大量的有关资料和在国内进行广泛的调研后，决定采用匈牙利生产的医疗用便携式X光机对1292只2CW21F稳压管进行透视。发现其中488只有多余物，占总数的37.7%。后决定将6种仪器，共78台中的299只稳压管全部换成通过X光筛选的产品。还有一种仪器共18台，每台11只，共需要换198只。经试验分析，除其中3只必须更换外，另外8只因工作状态不同则不必更换。若出了问题，由我负责。汇报到这里时，钱学森追问了一句说："李一鸣，这可是你说的！"我重申道："是，出了问题我负责。"钱学森副主任举手鼓掌。当时我并不十分清楚他掌声的确切意义。我在工作中做出这项决定时想到的只是在保证试验成功的前提下，尽量减少浪费。

当汇报说到中远程地地导弹提高射程还有一定潜力时，曾有人说："要不要挖掘这潜力是政治问题。"我回答说："中央要求中远程地地导弹尽快定型交付部队，如果再改，影响部队值班，是更大的政治问题！"这时钱老赞许地说："李一鸣，有两下子。"马捷副主任接着说："刚才钱副主任称赞了李一鸣同志，做工作就是要实事求是。"

散会后，钱学森副主任握着我的手说："向你表示祝贺！你今天说了真话，就是要敢于说真话。这几年你搞中远程地地导弹有不少的提高。"钱老的话，对我既是鼓励，也是鞭策。我常想，我们的国家目前还很穷，这是我们的基本国情，我们搞科研，就要遵照科学规律办事，有严谨的科学态度和工作作风，来不得一点马虎，但也要在实践中提倡艰苦奋斗的精神，要敢于负责，勇于创新，实事求是地把握每一个试验程序和环节。我们还是在创业的阶段，不能大手

大脚地搞科研。事实证明，这一批没有更换的仪器，果然经受住了考验，保证了飞行试验的成功。

作者系中远程地地导弹总设计师，一院原科技委主任、研究员

沙漠中的日日夜夜

尚 增 雨

那是在1966年12月底，我国第一个完全自行设计和制造的中程火箭在某试验基地进行首发飞行试验，火箭在震耳欲聋的轰鸣声中，离开发射台，直刺蓝天。在场注目观看的试验队员们，无不欢呼雀跃，击掌相庆。但是，十几分钟过后，却一直没有收到火箭头部落区“发现目标”的消息。从快速处理出来的遥测数据发现：火箭飞行到111.2秒时，火箭发动机第二分机的推力迅速下降到接近于零，火箭虽然继续稳定飞行到124.4秒，但由于测量火箭飞行速度的陀螺积分仪进动量增大，致使其他三个分机提前关闭，火箭头部落点偏差很大，结果在预定落区没有找到头部残骸。显然火箭飞行出了故障，那么故障原因何在呢？众说不一，经过对遥测和外测数据的反复分析讨论，大家初步倾向于火箭发动机喷管内壁撕裂这一故障模式。尽管两个星期后进行的第二发飞行试验又出现了与第一发完全相同的故障现象，但据此就给发动机做

"终审判决",似乎还为时过早。就是说旁证和物证不充分。因为,这只是根据有限的遥测和外测数据的分析和推论,并无真凭实据。为了找到"物证",找到确切的故障原因,试验队领导决定由任新民副院长带领七人勘测小组,赴落区搜集残骸,查找"物证"。我作为这个小组的成员之一随队前往。

我们乘伊尔-12运输机由某试验基地出发,途经马兰,做短暂的停留后,越过浩瀚的塔克拉玛干大沙漠,于当日傍晚到达某试验基地七站驻地,次日凌晨,我们与基地航测部同志一起乘直升飞机直飞落区指挥部。

落区是在深入到沙漠一百多公里的马扎山附近。虽然名字叫山,实际上既没有石头,也没有黄土和森林,展现在眼前的只是一个一个的大沙堆。指挥部设在沙漠中一条半干涸的小河旁边。一下飞机,我们看到的只不过一二顶军用帐篷,再仔细一看,却发现一些高出地面不到一米的地窖,这就是全体落区工作人员的住房。住在地窖里虽说不太冷,可是窖顶上不断的往下淌沙子。所以,在别处,床单是铺在身下用的,而在这里,床单却挂在空中,开始我还不太理解,但是住了一夜之后,深感其设置的奥妙,如不这样,睡一夜起来,恐怕七窍都要被沙子灌满了。在地窖里吃饭就更有意思了,谁的饭碗也不敢"对空暴露",大家都是一个姿势,低着头,弓着腰,用上身遮挡饭碗,以防"空袭"。不过,这里还算是沙漠中最高级的地方,因为这里靠近小河,河中的冰块为我们提供了丰富的"淡水资源"。

到达指挥所后,听取了七站领导就前两天搜索情况的介绍后,并决定马上进行空中搜索。我当即和基地的一位同志,乘直升飞机去搜索。飞机沿着火箭飞行弹道方向左右盘旋飞行,我趴在直升飞机前下方一个玻璃窗上,目不转睛地观察地面情况,唯恐漏掉要搜索的目标。就这样,经过大半天的搜索,虽然发现了一些可疑的目标,但是无法确定哪是我们要寻找的发动机的残骸。怎么办?

情况很明显，要找到发动机残骸，获得第一手的故障分析资料，只有深入到沙漠里去，实地勘察、搜索，“不入虎穴，焉得虎子”。任副院长与七站领导商定派搜索队进入沙漠深处，进行实地搜索。搜索队大约由40人组成，七站一位负责同志带队，我们试验队除任副院长外，其余同志全部随队前往。

搜索队的战士们随着骆驼队步行进入沙漠，而我们和基地航测部等单位的同志们，稍后乘直升飞机分批从指挥部到距预定落点前方大约60公里的一块平地下飞机，找到骆驼队，然后沿火箭飞行弹道方向，朝火箭残骸散落区域徒步搜索前进。

为了轻装上阵，每个搜索队员除了身上穿的衣服外，每人只带两个军用水壶和军用挎包(用来装干粮)，吃饭的用具就是一双竹筷和一个罐头筒，全队配备三至四匹骆驼，为我们驮着宿营用的帐篷和必要物品。而大量食品及饮用水(冰块)由飞机空投给我们。

搜索时，每三或四人为一个小组，全队排成一列横队平行向前推进，小组的人不得分开，组与组之间要随时相互照应，以免走散或迷路。同时，每天几次由飞机为我们校准前进的方向。

没有去沙漠之前，总以为沙漠就是一片平坦的沙滩，其实不然，沙漠并不平坦，它是一个沙丘接一个沙丘。低的沙丘有几米、十几米高，高的沙丘有几十米，甚至高达百米的。你在这里要找到一个像足球场大小的平坦地面还真不太容易呢。所以，我们的搜索，实际上是在不停的爬上爬下。为了不放过任何一个可搜索的角落，有时不得不围着沙丘打转转。虽然，一刻不停的奔走，但整个队伍向前推进的速度却非常缓慢。六十公里的区域，我们搜索了五天。搜索时，渴了，喝两口冷水，润润喉咙，还不敢多喝，因为一人一天只有两军用水壶的水，饿了，啃几口干烧饼。中午休息时，拣一些干柴，点着火，在罐头筒里加一些水和罐头煮烧饼，搞一顿“西安泡馍”式的野餐，还真别有风味。

天近黄昏，找到一个干柴比较多的沙丘，就近扎营。奔走了一

天,身体实在疲惫不堪。但是,没有一个人坐下来休息,而是为宿营紧张的忙碌着。有的搭帐篷,有的弄干柴,有的生火做饭。经过短暂的忙碌之后,大家这才围坐在"篝火"旁,一边吃着罐头煮挂面,一边谈笑风声的议论着一天的趣闻和收获,仿佛置身于风景如画的篝火晚会上,忘却了这是在渺无人烟的大沙漠里。于是,大家情不自禁的唱起了动听的歌曲。另一边,报务员在忙碌的与指挥所联系,汇报当天的搜索情况,并请示对下一步搜索的指示。

时值隆冬季节,由于中午有太阳的照射,加之不停的奔走,并不感到冷,而且总是汗渍渍的。可是一到晚上,"早穿皮袄午穿纱,抱着火炉吃西瓜"的典型的沙漠性气候就显露出来了。几十个人挤在一个单帐篷里,身下仅铺着一件薄薄的毛毡垫,身上裹一件皮大衣。前半夜,因白天的劳累还能睡得着。但是,到了后半夜,身子底下冒凉气,冻得你任凭怎么困也无法再睡下去。办法往往是困难逼出来的。七站的同志想起了维吾尔族兄弟在野外过夜的方法。于是,从第二夜开始,情况就大不一样了。在决定宿营后,不是先搭帐篷,而是发动全体队员弄更多的干柴,生起小山包一样的"篝火"。当我们吃完晚餐,干柴也正好烧成通红的火炭,把这些火炭铺平,上面盖上一层薄薄的沙子,然后上面搭起帐篷,铺上毛毡垫,同样还是裹一件皮大衣,睡下去比睡在北方的火炕上还要暖和、舒服,睡得别提多香了。

搜索工作一直在不停地进行着,拾到的火箭箭体残片越来越多。从这几天的经验来看,越往前走,残片密度越来越大,残片的重量也越大,然而,我们重点寻找的发动机残骸仍没有找到一片。

进入沙漠的第四天下午,太阳已经快要落山了,一个战士拾到一片茶杯盖大小的黑色金属残片给我们看。啊!这不是发动机喷管上的残片吗!大家高兴地叫了起来:"找到发动机残骸了!"并急忙找到了发动机主任设计师,请他鉴别。他如获至宝地拿在手里反复地看着,突然说:"快给任副院长发报,告诉他我们发现了发动机

的残骸！”

这四天多的时间，任副院长在指挥所里心情并不平静。虽然我们每天都通过电报把现场搜索的情况向指挥所汇报，但是，由于电报密码字太少，好多情况说不清楚。任副院长想进去找我们吧，一是直升飞机撤走了，要走路进去太远了，二是我们的位置不定，不好找，三是七站的领导担心他的安全，不让他去。这几天，他只好耐着性子坐等。当一接到发现发动机残骸的电报后，他再也坐不住了，尽管七站的领导再三劝阻，最后，他还是决定于次日晨进沙漠找我们。七站领导只好派了两名战士陪同，朝我们前进的方向，斜插着进来了。

发动机残片的发现使我们格外高兴。一方面，经过几天的奔走终于发现了苗头；另一方面，说明发动机的大量残骸不会太远了，我们的搜索工作将进入最后阶段了。

第五天早晨，吃过早餐，像往常一样出发了，沿途捡到的发动机零组件的残骸越来越多了，活门、自动器、涡轮泵壳等不断地找到了。临近中午了，一个战士突然喊到：“这有一个大家伙！”我们快步跑去一看，啊！是一个单管发动机的燃烧室，终于找到“你”了。不一会儿，在附近不远处，其他三个燃烧室也相继找到了。有的燃烧室很完整，有的燃烧室喷管已没有了。散开的一列横队的搜索人员，很快汇集到一块。有的给残骸拍照，有的围着残骸在讨论着什么，小战士们凑到跟前，又是看又是摸的，感到很新鲜，不由得叫了起来：“这就是我们要找的发动机吗？”

就在我们经过短暂地整理和休息准备返回指挥所的时候，不知谁喊了一声：“任副院长来了！”开始我们还不太相信，然而，向大家围拢的方向看去，可不是吗，只见他手里拄着一根木棍，风尘仆仆地正向我们走来。是啊，平时不管哪个系统遇到了技术关键，总是深入第一线，掌握第一手资料，和基层工程技术人员一起，“摸爬滚打”，分析问题，解决问题。今天，他怎么能一改过去的老作风而

甘心坐等着我们回去汇报呢！从基地出发以来，尽管他那么大岁数，仍和我们一起乘坐那没有密封座舱、没有沙发靠背座椅的运输机座舱，到达指挥所后初步搜索时，他和我们一起爬沙山，一起跑路。而今天，我们深入沙漠搜索获得了结果，他怎么能在指挥所坐得住呢？他肯定会来的。我们怀着崇敬的心情，急忙跑过去和他握手，互道辛苦。虽然，我们分别不到五天，可是就好像分别了几年似的，大家的高兴劲儿就别提了，真有点像"井冈山"大会师的样子呢！大家都为任副院长的安全到达感到欢乐和欣慰，同时也感到后怕，如果他不和我们同时到达交叉点，一旦错过，继续走下去到达沙漠深处的话，那后果将不堪设想。我们由衷的为他这样的老专家，冒着生命危险深入第一线的高尚品格和为事业献身的精神所感动。

五天的奋斗胜利结束了，我们终于找到了所要寻找的"物证"，获得了第一手故障分析资料。尽管五天来谁也没有洗过一次脸，脸上扑满了足有一两毫米厚的尘土，却掩盖不了我们发自内心的喜悦心情。尽管五天来不停地奔走，已经是精疲力竭，但是，胜利的欢乐早把疲劳驱赶到九霄云外去了。在返回指挥所的路上，大家说着、笑着，谁也没有一点倦意，从中午一直走到满天繁星。

作者系一院 904 工程原主任设计师、研究员

走自己的路

王之任　王文起

一

YF－2液体火箭发动机的整个研制过程是一个边工作、边学习、边认识、边提高的过程。为了开展自行设计新型号的研制工作，1959年底，成立了初步设计组，由马作新同志负责。参加这项任务的成员大多是1957年、1958年毕业的大学生，大部分不是学火箭发动机专业的。他们既缺乏火箭发动机方面的理论知识，又无生产实践经验，但是他们都有一颗火热的心，有着强烈的政治责任感，不懂就边学边干，边干边学。在认真学习了国内外有关资料的基础上，于1960年3月开始了发动机的方案论证。

根据"独立自主、自力更生、艰苦奋斗、发奋图强"发展我国尖端技术的精神，经过反复论证，大家一致认为，新型号的研制要根据我国的实际情况，闯出一条新路。为了尽快缩短与苏美在火箭技术方面的差距，我们必须大步前进，就是无论在结构设计或者是性能指标方面都必须瞄准世界的新水平。

推进剂的选择是方案论证的首要问题。为了缩短发射准备时间，提高武器生存能力，经过充分论证决定先用自燃燃料，同时提出更高能级的肼类燃料的有关研究课题。

1960 年 4 月，总体设计部正式下达了新型号发动机设计任务书，大家立即展开了发动机总体设计方案论证工作，作过无数谨慎细致的研究、分析、比较，最后经领导批准，确定了大家公认的既先进又合理的设计方案。该总体系统方案现在看来也是很成功的，与当时的世界水平相比，并不逊色。在系统设计上采用了可靠先进的发动机系统，提高了发动机性能，减轻了发动机重量；保证了发动机有较高的推力精度和提高了导弹射程精度。

总体方案确定以后，随即开始了各组合件的结构设计工作。繁重的设计工作全面铺开后，从各高等院校分来了一大批新生力量，部分参加仿制工作的同志也被抽调回来参加新型号的设计。原来的初步设计组发展成了设计室。任务进度要求很急，6 月开始设计，8 月底就要求图纸陆续下厂。为了按时完成任务，同志们都自觉加班加点，办公室灯火彻夜长明。大家以能亲自参加我国第一台自行研制的火箭发动机而感到光荣。当时，正处在三年经济困难时期，肚子饿了就勒紧腰带干，没有一个人叫苦，没有一个人掉队。敬爱的聂总对科技人员无微不至的关怀更激发了大家的热情和干劲。有的同志身患浮肿病，也不休息。就是靠了这种革命精神加上实事求是、敢于创新的科学态度，终于在 1960 年完成了全部组合件设计图纸。并向有关单位提出的新材料研制和新工艺研究的任务书以及向各试验单位提出了试验要求。

二

YF－2 发动机的结构设计完全跳出了仿制型号的老框框，采用了大量新材料和新工艺。以发动机重要组合件燃烧室为例，为了

获得高性能以满足总体设计的要求，选定一定燃烧室压力。在当时，这个压力值是比较高的，因此，其身部采用了高联接强度的夹层结构——内外壁波纹钎焊结构。可是都是有待研究的新课题。材料工艺研究所和工厂负责钎焊料研制和钎焊工艺的同志们决心很大，表示："为了把我国的尖端武器尽快搞出来，你们能设计出来，我们就能生产出来。外国型号能做到的，我们中国也一定能够做到。"这是多么强烈的民族自尊心啊！有了这股革命精神，什么困难也会战胜。燃烧室的内外壁是不锈钢钣金件，当时对不锈钢的冲压成型工艺毫无经验，为了尽快生产出产品，在广大设计人员与工人师傅齐心协力下，闯过了一道又一道难关，终于在 1962 年初，用冲压成型的工艺方法生产出合格的产品。

波纹板的生产对当时的生产厂来说，也是一个全新的课题。冲压模的设计和生产；波纹板零件的下料；波纹板零件尺寸精度如何保证等等，一大堆难题摆在工艺人员和工人师傅的面前。他们以为党、为祖国争光的满腔热情和冲天干劲，边摸索，边生产，边改进，终于在 1962 年上半年生产出了令人满意的波纹板。

燃烧室身部和头部焊料的研制和钎焊工艺的制定，也经历了一个艰难曲折的过程，1960 年下半年，材料工艺研究所开始了焊料的研究，经过 100 多种配方的摸索试验，才基本上定下了焊料的配方和技术要求，初步制订了钎焊工艺规范。1962 年工厂焊炉建成后，为了进一步检验钎焊规范的正确性和焊料的使用性能，研究、设计和生产人员组成了三结合小组。他们吃在车间，睡在车间，进行了大量的钎焊模拟件试验。同年年底，合格的燃烧室身部生产出来了。1963 年 1 月 YF-2 发动机第一台试验型的燃烧室进行点火燃烧试验。

在此期间，发动机的其他组合件的生产，进展也很快。1961 年 11 月，开始了燃气发生器的热试验，经过一个回合的改进，次年 5 月已具备参加涡轮泵首次热试。经过局部的改进，基本满足了设计

要求，并于 1964 年 5 月参加了发动机的热试车。

复杂的发动机系统的生产能够如此顺利地进行，这在当时的条件下，真是令人吃惊！通过 YF－2 发动机的研制，促进了生产设备的更新，加快了生产工艺技术的发展，提高了设计队伍的水平，为后来新型号的研制开辟了道路，在我国液体火箭发动机发展史上写下了崭新的篇章。

三

突破钎焊料研制、波纹板生产、真空钎焊等技术关键后，1963 年 1 月第一台燃烧室试验件诞生了。并于 2 月 6 日进行了首次点火试验。试验场上寒风凛冽，在控制间，在山岗上，观看的人们目不转睛地注视着斜躺在试验台上的燃烧室。但在“启动”后不久，燃烧室因多处漏火，不得不紧急停车。初次的挫折，并没使人们感到畏难，在改变起动程序后，于 4 月 5 日又进行了第二次点火试验，情况有所好转。但是更严重的问题摆在了大家面前，点火后头部喷嘴盖几乎全部脱落，经全面分析后认为，可能是产生了横向高频不稳定燃烧。

燃烧不稳定，是大型液体火箭发动机研制中的重大技术关键。一旦产生高频不稳定燃烧，瞬时就能把燃烧室的头部以及室壁烧毁，甚至发生爆炸，成为型号研制中的主要拦路虎。我们意识到了问题的严重性，不做出重大努力，不付出代价，想轻而易举取得胜利是不可能的。

60 年代初，燃烧不稳定技术在美苏两国都作过大量研究，但实质性的材料从不公开发表。为了解决此问题，我们组织了大量试车，但没有从根本上解决问题。这时大家心情沉重，感到压力很大，同志们吃不下饭，睡不好觉，家住城里的同志一连几个星期不回家，许多同志当时正在谈恋爱，但他们没有沉浸在甜蜜的爱情里，

却沉浸在事业里，想到的是攻克技术难关的战斗。强烈的事业心，鼓舞着他们。他们认真收集、学习资料，认真分析原因，对比各种方案，终于攻克了这一技术难关。此后，发动机整机试验进展非常顺利，连续两次四机并联热试车，都获得了圆满的成功。

然而，紧张的心情刚刚松弛了一下，更艰巨的任务又摆到了面前。1962 年，为了提高中程地地导弹的射程，经论证决定选用一种可贮存高能推进剂，这种改变也带来了许多难以预料的技术问题。由于推进剂的活化能大大增加以及推进剂理化性能的改变，使得燃烧室原来行之有效的技术措施不适用了。尽管我们在头部喷嘴排列方案上作了很大的努力，但试车接连失败。产品破坏的现象与以前类似，有时更为严重，无疑地，又产生高频不稳定燃烧。显然解决这个问题的难度更大了。该种推进剂易燃、剧毒、腐蚀性强，对人的肌体损伤大。当时，没有任何保健，发动机热试车刚一关机，同志们冒着滚滚的浓烟去试车台观察发动机，只要试车出现故障，就围着产品细致观察，分析破坏情况。试车后在车间分解时，令人窒息的燃料毒气熏得头痛、恶心，但谁也不考虑个人的安危，始终坚持工作。我们的老所长任新民同志年已花甲，也经常和大学生一起加班到深夜。在领导、技术人员和工人师傅的齐心协力下，现场决定有些方案临时用草图就生产。经过两个多月的努力，完全依靠自己的力量，从技术上全面解决了高频不稳定燃烧问题，使发动机干净利落地通过了全程、大推力的试车。此后，发动机整机试验进展顺利，1965 年 7 月成功地进行了首次四机并联热试车，一周之后，又进行了第二次四机并联热试车，都取得了圆满的成功。

高频不稳定燃烧这一技术难题的突破，不仅给我们留下了宝贵的经验和教训，更为难得的是给我们留下了敢于攀登、勇闯难关的拼搏精神。

四

紧张的战斗一个接着一个。在发动机设计状态冻结以后,工厂立即投入了小批量生产。设计人员、工艺人员、工人师傅以及厂、所有关领导,吃睡在车间,苦干加巧干,保质保量地生产出几十台燃烧室,创造了 YF-2 发动机生产历史上的最高记录,保证了发动机各种试车的需要,同年 11 月初,第一发飞行试验遥测弹被送往靶场。

在靶场,对产品进行了仔细的测试和质量复查,经过一个半月的紧张战斗,我国自行研制的第一枚中程导弹进行了首次飞行试验,但由于发动机故障试验未取得圆满成功。

为了查清产生故障的确切原因,必须找到发动机的残骸。为寻找发动机残骸,两位同志冒着生命危险,赶到落点区,进入了茫茫的大沙漠。他们白天顶着酷热的骄阳,晚上忍受刺骨的寒冷。其中一位同志在途中因迷失方向,与指挥部失去了联系,粮水断绝,昏倒在浩瀚的沙漠里,后经部队和地方牧民多方寻找,才侥幸地发现了他。此时,他快要被流沙淹没,已是奄奄一息。经过基地医院抢救,他才脱险。经过一个多星期的艰苦奋战,终于找到发动机各主要部件残骸,为故障分析提供了有力的证据。

五

正值研制工作处于关键阶段时,“文化大革命”开始了,领导干部被打成了走资本主义道路的当权派,广大科技人员也受到了很大的冲击。可是,为了祖国的导弹能早日上天,许多同志顶着巨大的政治压力,仍然坚持战斗在科研生产的第一线。

为了进一步验证飞行试验故障,对飞行试验状态的发动机又

组织了热试车，试验结果进一步证明，分析所得的结论是完全正确的。

针对一连串问题，有关单位的同志组织了三结合的技术攻关组，进行了反复的研究，做了大量的模拟试验，最后获取了有效的改进措施，使发动机顺利地通过了交付性验收试验，并于 1968 年 9 月出色地通过了寿命热试车的考验。1968 年 12 月，试验队再次奔赴靶场，两次飞行试验都获圆满成功。

经过十多年的努力，终于研制成功了性能稳定、结构可靠、使用方便、经济性好的 YF－2 发动机。这一巨大成果的取得，是大家辛勤劳动的结果，集体智慧的结晶。充分体现了我国社会主义制度的优越性。

YF－2 发动机的研制成功，为党、为祖国赢得了荣誉，为我国的火箭事业填补了空白。在设计、生产、试验和科研管理等方面积累了宝贵的资料，获得了丰富的经验，培养和造就了一大批能攻坚、能打硬仗的科技队伍。为把我国液体火箭发动机新型号设计提高一个更高水平，打下了良好的基础。

作者王之任系一院 11 所原副所长，长征三号原副总设计师；王文起系一院 11 所研究室主任、研究员

远程火箭研制片断

梁 思 礼

在我国导弹史中具有历史意义的“八年四弹”规划中的第四弹，就是远程火箭。它的研制成功，解决了有无问题，使我国成为世界核大国之一，这在冷战时代具有重要战略意义。远程火箭的研制涉及的专业面较广，研制周期又很长。由于篇幅有限，本文仅涉及研制初期到第一发弹的试射，而且侧重于本人亲身经历的控制系统。

1965 年，中央军委原则批准“八年四弹”规划，正式决定研制远程火箭。由于它的射程远，精度高，使用要求苛刻，因此采用了多项新技术，其中包括大型液体火箭发动机，再生推进剂贮箱增压技术，平台—计算机制导方案，电液伺服机构和摇摆发动机以提供推力矢量控制，地下井热发射技术，采用高、低弹道在国内靶场进行飞行试验，弹头防热结构及材料和姿控及突防技术，结构材料采用铝铜合金的焊接工艺和化学铣切技术等。这些新技术大多缺少预研贮

备，与型号研制基本上是同时起步的。因此，在研制初期出现的技术问题特别多。可以说远程火箭的诞生，就是一个不断克服各种难题的过程。研制它的技术队伍，主要是由近程导弹研制队伍转过来的。我有幸从头到尾参加了它的整个研制过程。

1965年论证远程火箭制导系统方案。以往的几种型号都采用补偿式位置捷联制导系统。随着精度要求的提高，弹载计算装置由于使用分立元件体积和重量愈来愈大。对惯性仪表来说，惯性平台的振动环境比捷联在弹体上要好。使用平台将会提高制导精度。于是方案论证会上采用位置捷联方案还是平台—计算机方案争论得非常激烈。我作为控制系统负责人必须作出决断。当时集成电路起步不久，要使计算机上弹又非采用集成电路不可。惯性器件在中远程导弹上已突破了气浮技术，但惯性平台本身就是一个复杂的分系统，我们还没有经验。当时平台—计算机方案在国际上也是一门新技术，只有美国在民兵Ⅱ导弹上用了，连苏联在当时也还未用在弹上。我想这是一个发展方向，迟早要上。这个型号射程大，精度要求高，只有用平台—计算机方案才能比较有保证地完成任务。关键突破了，我们就能在制导系统上登上一个大台阶。于是拍板采用平台—计算机方案。这不论在当时还是在事后，看来都是一个大胆和有远见的决策。

虽然作出了决策，但前途却布满荆棘。国家安排由中科院新技术局156工程筹建处（现771所）研制弹载计算机及所用的集成电路。1965年国际上集成电路在工程上刚开始使用。我国当时集成电路的研究水平与日本的差距也仅为几年（值得感叹的是30年后的今天差距拉到如此之大！）。美国初次在民兵Ⅱ上使用集成电路后毛病百出。这才引出一系列加强元器件可靠性措施和有关可靠性的美军标准。经过一段时间，156工程处研制出第一台全量型弹载数字计算机，用了一千多块薄膜组件。由于整机太复杂和工艺不稳定，计算机的可靠性太差，无法上天。这给平台—计算机方案带

来严重的危机。

此时“文化大革命”已开始，管理已经相当混乱。我和宗绍禄、崔鑫水、张谦等同志一道排除干扰，研究对策，决定简化原来的显示制导方案，采用补偿原理推导出一套全新的简化关机制导方程。可以用增量式计算机代替以前的全量式计算机。虽然方法误差略有增加，但惯性器件的工具误差是大头，对总的精度并无显著的影响。这样使计算机的运算工作量大为简化。156工程处的沈绪榜、廖道文等同志根据12所新的关机方案研制出的增量型计算机，比原全量型计算机少用了1/3集成电路。与此同时，156工程处也研制出NMOS单块集成电路，工艺上也有很大改进，可靠性有很大提高。最后于60年代末第一台全部采用国产集成电路的弹上微型计算机诞生了，并于1971年上了天。这在当时全国电子行业也属首创。这是航天高科技带动其他国民经济的一个范例。

这个型号的姿态控制系统也采用大量新技术，给研制上带来大量难关。由于采用地下井热发射，不能加尾翼。以往的地地火箭都有尾翼，而这个型号却没有尾翼。整个火箭像一根铅笔，静不稳度非常大，极难控制。1963年钱学森来12所组织我们为近程导弹第一发失败后“杀血路”时，就曾要求我们就是一根铅笔也能控制好，这回在远程火箭上就碰上了。它第一次采用摇摆发动机进行推力矢量控制，这又带来了新的“狗尾巴效应”难题。所谓的“狗尾巴效应”，就像一支狗摇尾巴，弹体就是狗身体，摇摆发动机就像狗摇动着的尾巴。由于发动机(狗尾巴)有相当大的质量，它一摇产生的惯量可以把弹体(狗身)带动也摆起来。如果形成正反馈，则会愈摆愈大，使整个弹体产生不稳甚至折断，影响正常飞行。另一难题是地下井的内径井口不能太大。井壁离导弹壳体只有几十厘米，而井深却有几十米。导弹在飞离井口以前如果有较大的姿态角度，则有碰到井壁产生爆炸使弹井俱毁的危险。远程火箭弹体直径比以往型号加大不少，使推进剂在贮箱中的晃动频率降低很多。在设计稳

定系统时既要考虑弹体弹性振动，又要考虑推进剂晃动的频率交连。为了减轻弹体的载荷，在姿控系统中加上加速度表作为输入，在有大侧向风时，弹体朝风向倾斜减小攻角，因而可以卸载。后因远程火箭弹体结构强度能承受较大风载荷，为简化起见，在02批就未再用加速度表控制。现在看来加速度表控制虽然对导弹控制系统可以取消，但对卫星运载火箭却大有用处。如果长二捆采用加速度表控制，就不会出现1993年、1995年两次打外星的失败。由于这一型号首次采用多项新技术，使姿态稳定设计受到极苛刻而又互相矛盾的参数的限制，设计难度之大是空前的。经12所王贵斌、林平、董维三等同志的精心设计，这个型号飞行非常稳定可靠。第一次进行地下井热发射时，经多台高速摄影机从不同方向拍摄导弹从点火起飞到飞出井口。结果证明，导弹几乎无偏差地笔直上升，安全余度很富裕。另外在远程火箭第一次飞行试验时从遥测数据中(经事后分析)看到由于一个钽电容瞬间短路，使一个摇摆发动机摆到极点，以后钽电容又恢复正常，但弹体受到一次大的脉冲干扰。由于稳定设计余量大，稳定系统抗住了，使导弹仍能继续正常飞行。

正如张爱萍将军所说："远程火箭，生于乱世，先天不足。"1965年远程火箭开始论证方案，一年后"文化大革命"，七机部就开始大乱。虽然大部分科技人员仍能坚持在工作岗位上，但工作还是受了很大的干扰。1970年第一颗东方红一号卫星上天以前，全七机部主要精力又都在抓长征一号运载火箭，对远程火箭没有认真抓，多少任其自流。1970年开始国防科委和七机部才转过来抓它。当时林彪正在台上红极一时，"四人帮"也极为猖獗，极"左"思潮盛行。七机部军管会要求1970年10月1日前远程运载火箭上天。同时学习上海搞"701"大会战经验，与北京市合作搞"705"大会战。并提出"改革研制程序，不搞繁琐哲学"，实际上是不按科学规律办事。以大搞群众运动方式研制导弹。当时我基本上靠边站，以普通一个

技术人员身份参加研制工作。虽然认为这样做,问题很大,但没有发言权。好在只把地面自动化测试设备协作到北京市。当时只抓进度,结果这些设备在控制系统综合试验时问题百出。大部分都要在200厂返修,甚至重做。虽然经过大量返工凑合着能用,但在以后总装测试和在靶场测试带来许许多多的问题。由于"十·一上天"的后墙不倒,前一阶段该完成的工作没有做完就带着问题向下一阶段转,于是把问题都积累到总装测试阶段。当时一院军管会要我主持211厂的第一枚远程火箭出厂总装测试工作。过去型号一般总装测试只需一个多月时间即可完成。第一枚远程火箭由于赶进度,控制系统、平台、计算机、伺服机构、遥测系统、外测154系统等都是带着本系统未解决的问题到总装厂来的。各系统匹配过程中接口上又出现许多不协调问题。整个总装测试花了100天。前50天由于昼夜加班干把我累得便血了,终于住进了医院。后50天是由王永志同志主持继续把总装测试搞完。在远程火箭的总装测试中,我们按聂荣臻元帅倡导的三严作风,一丝不苟,不放过一个问题。记得在一次总装中一个脱落插头的一个小钢球丢失了,为了不带多余物上天,全体总装测试人员甚至包括在场的总设计师、主任设计师都跪在七车间的大厂房里到处寻找,最后在一个铁轨缝中找到了。这个问题才算了结。另一次测试中笔录仪上出现了一个不应该有的"毛刺",而且是时隐时现。大家为了查清原因,"守株待兔"等了十几个小时,最后发现是相邻车间瞬间用电载荷突变所致。自动化地面设备也连续出故障,使弹上产品陪着找地面故障。最后总算勉强出厂了。但到了20基地后,在技术阵地上仍是问题不断。结果又用了第二个100天才算通过技术阵地测试,准备转发射阵地。这时已到1971年9月上旬。这时从北京传来了当时军管会领导的指示,由于经过这么长的反复测试和折腾,这枚箭"已经老了","就让它老死在地面上吧",不同意发射。我们全体远程火箭的科技人员不同意这种看法,认为这枚箭的技术问题虽然很多,但

经过反复测试和修改已基本具备发射条件，上天成功的可能性很大。即使不成功也可以发现薄弱环节，为今后改进指明方向。因此，形成了技术队伍主张“打”，军管会领导不同意“打”的局面。由于是远程运载火箭首次发射，中央专委、周总理非常重视。把总设计师屠守锷和我及王永志同志调回北京，他亲自听我们汇报准备情况，并批准发射。记得那时恰好是“9.13”事件之前几天。黄永胜、吴法宪、李作鹏、邱会作作为中央专委成员都在会上，沉默不语。会上周总理边听我们汇报边问问题，非常仔细，并再一次要求我们一定要做到“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”。在汇报会结束后，周总理按照汇报人员名单顺序逐个问每个同志的籍贯、年龄和其他情况，非常平易近人，就像和大家拉家常一样。当他看到我的名字时，就问梁思成和我是什么关系。我回答思成是我的大哥。周总理当即说：“那么你的父亲就是梁启超了。”总理接着说，在他年轻的时候听过梁启超的演讲。还谈了一些历史地、客观地评论梁启超的看法。总理又问我是否有个姐姐。我以为他是问三姐梁思庄。总理摇摇头，说是搞外事工作的，我才明白总理指的是在中国红十字总会工作的五姐梁思懿，于是告诉总理。总理点点头说：“是梁思懿。”后来，周总理又继续逐一询问其他同志的情况。1970 年 9 月上旬正是“9.13”林彪事件前夕最紧张的时刻，周总理在日理万机情况下还抽出专门时间听远程运载火箭发射前的汇报，体现了党中央对航天国防科研的重视和关怀。就在那极“左”思潮闹得最凶、科学和人才被任意践踏的时刻，周总理对人的关怀、对知识分子的尊重、对他手下工作过的人记忆得那么清楚，这些都使顶着“臭老九”和“保皇党的孝子贤孙”帽子、在尽力为国防科研工作的我，心中钦佩不已。四分之一个世纪过去了，这次难忘的会见却仍似昨日，永远铭刻在我的心中。

1971 年 9 月 10 日，远程火箭第一发遥测弹在 20 基地进行低弹道飞行试验，获得基本成功。一级按预定程序稳定飞行，一级关

机,二级点火和两级分离均正常。一直稳定飞行到207秒。由于计算机软件在设计上有毛病,不能适应低弹道,致使二级主发动机提前关机。因为是按压低的弹道飞行,提前关机导致落点比目标远了565公里。未能模拟全程弹头再入环境,是个遗憾。但试验表明,导弹总体和各分系统方案基本可行,各分系统之间工作基本协调,达到了预定试验目的。试验完仅两天就出了“9.13”林彪折戟沉沙的事件。为了找弹头向军委申请飞机,结果未获准。当时全国一切飞机都停飞,连找弹头这样重要的事也不行,大家都懵了。接着部队都向中蒙边境调动。20基地距中蒙边境仅一百多公里。大家顿时紧张起来,好像就要打起仗来。一般试验之后总会休整两天,等遥测、光测结果。但这次一试验完就紧急撤退。一路上还传说可能回不了北京,去哪里也不知道。由于是紧急行动,也没有卧铺,连屠守锷总设计师也都和大家一样坐硬座回的北京。回到北京过了一段时间,才知道这一切都是由于林彪事件引起的。

从第一枚远程火箭试验基本成功到1980年“580”远程火箭定型试验完成,前后经过八年多时间,多个批组状态(包括改型为长征二号运载火箭)克服了无数的技术难关。可以说是千锤百炼,终于为我国远程火箭和运载火箭技术打下了一个坚实的基础。以70吨发动机为例,它是70年代直到本世纪末我国大型运载火箭的唯一的主力发动机。长征二号,风暴一号,长征三号,长二捆,长三A、B、C的发动机都是从远程火箭发动机的基础上改进而成的。又以平台—计算机方案为例,以后的固体运载火箭,新一代战略武器,都采用平台—计算机方案。我国之所以在航天领域中受到举世瞩目,远程火箭之功不可没。

作者系航天总公司科技委顾问,中国科学院院士

研制固体运载火箭

黄 纬 禄

一、从"液体"走向"固体"

1970年4月22日，我从液体火箭控制系统研究所被调到固体火箭总体设计部，这次调动是我工作中一个大转变，从此，我从液体火箭走向固体火箭，从地地火箭走向潜地火箭，从控制系统走向了火箭总体。

那时固体火箭总体部刚从内蒙迁到北京南苑，隶属七机部一院，我家住在北京海淀区永定路，由于三个孩子"上山下乡"分别去了云南和"北大荒"，家中只有年过半百的老伴和比我年长二十多的老表姊，他们虚弱的身体让我放心不下，我每隔一天从南苑骑自行车来回一次，每次一个多小时的行程使人全身是汗，不过倒也锻炼了身体，回家后冲上个澡，精神上也非常爽快。

这次调动使我在工作中从头学起，边学边干，向同志们学习，向图书资料学习，遇到不懂的就以小学生的姿态求教，并请懂行的同志从ABC教起。我的真诚求教，得到了不少同志无

微不至的帮助，没有一位觉得我这个总体部主任这也不懂那也不懂而予以鄙视，相反还把我看成是一个实事求是、平易近人的领导。就这样，使我很快对他们过去的工作有所了解，讨论问题时也逐步有了发言权。

二、团结协作克难关

固体潜地火箭是潜艇从水下一定深度发射出来的固体火箭，有许多不同于陆基液体火箭的特点和关键技术，最初 1967 年是在地处内蒙的七机部四院开始研制的，后来总体部和控制所于 1970 年迁至北京隶属一院，我就是那一年调到总体部当主任的。这种火箭原名“巨龙”，经五院某主管领导传话：在周总理主持的一次中央专委会上讲要我们考虑新名字，原因是由于毛泽东主席对龙不感兴趣，且常把龙比作邪恶之物，如“今日长缨在手，何时缚住苍龙”就是一例，因而我们就尊重毛主席的意见，避免使用“龙”字，把“巨龙”改成了“巨浪”，好在汉语拼音字头都是“JL”，所以这个改动对已大量完成的图纸无需作任何改动。后来因一院型号较多，为加快研制的进展，1979 年此型号任务又从一院调整至二院，我也跟着又回到二院并担任该型号的总设计师。那时，由于很多重要协作单位都在院外或部外，为加强管理，每周在二院召开一次协调会，检查上周计划执行情况并安排下周任务，航天部副部长程连昌、科研局局长钱维松与邵锦成及国防科工委三局副局长丁衡高与汪永肃等参加。凡是二院无法解决的问题，航天部和国防科委都帮助解决，因此，工作进展比较顺利。二院虽是抓总单位，但对协作单位从不发号施令，而是兄弟相待，因而感情融洽、容易协调。当时钱维松局长几乎全力抓“巨浪”，以至获得“巨浪局长”的雅称。程连昌副部长对“巨浪”想得更周到，每次动员会上他都能列举二三十条注意事项，以至我发言时已无话可讲。有时“埋怨”道：“程部长，您一网

都打尽了,连一只小虾米都不剩给我!”丁衡高副局长遇到难解决的问题也及时提到国防科工委主任、副主任那里去解决。总之,上下一心,什么难题都能迎刃而解。我们的技术人员发挥聪明才智,攻克了一个又一个难关。

固体推进剂是在没有外援条件下独立自主研制出来的,四院的同志在地处偏僻的内蒙古,在生活条件十分艰苦,研制条件相当简陋的情况下,经过20年的拼搏,并牺牲了几位同志的宝贵生命,最终研制成满足飞行试验要求的复合固体推进剂和发动机,为固体火箭的研制做出了巨大的贡献。

“三防”(即防潮、防霉、防盐雾)措施是火箭研制过程中的一个重要组成部分,我们在工作中按照周恩来总理生前对航天事业的指示:“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”的十六字方针,采取从元器件、原材料到整机、包装箱、库房条件、套箭衣等所想的问题都采取了预防措施,并逐项通过严酷条件下的考核,确保稳妥可靠。

为保证潜地火箭箭体的气密、水密和结构强度,总体部结构研究室进行精心计算分析和设计,箭体和固体发动机生产厂用严格的工艺保证生产的可靠性。由于火箭尺寸的限制,仪器舱体积比较小,计算机研究所把计算机的体积一下子减小到二分之一以下;控制研究所把一些设备进行合并,又把外壳形状按仪器舱的形状进行设计,使安装更加紧凑;遥测系统研究所采用集成电路代替分立元件,使设备体积大为缩小。这一问题完全是靠各研制单位大力合作,才得以顺利解决的。由于固体火箭发动机不能按要求随时关机,设计人员经过仔细分析计算,在二级发动机的前封头上配置了三个反向喷管,解决了这一难题。这些技术都是液体火箭未曾使用过的。

三、模型火箭溅落长江水中

1970年的炎夏，我和总体部有关同志携带一枚模型火箭的壳体，来到南京长江大桥附近做溅落试验。

模型火箭就是外型尺寸、重量、转动惯量、重心位置等都和真实火箭相同或相近，用来模拟真实火箭并用以检查发射过程中各方面的协调性。为防止发射出来的模型火箭落入水中时沉砸舰艇，总体部的同志研究设计出一套灵巧的排水装置，把模型火箭水箱中的水在入水前排尽，来减轻重量。排尽水箱中水的模型从高空回落到水中后到底能冲入多深，是否有砸艇的可能呢？我们便做了这次溅落模型火箭的试验来验证。

号称“四大火炉”之一的南京，气温高达38℃以上，而我们的技术人员试验前还要钻进曝晒之下的模型壳体内粘贴橡胶囊，壳体内温度竟高达五六十度，加之胶接剂挥发出刺鼻的气味更是令人作呕，难以存身。参试技术人员为完成任务不怕艰苦、不辞辛劳，光着膀子，穿着短裤，弯着腰蹲在壳体内进行操作，五分钟时间就全身汗流如雨，过了十分钟必须换人。经过十多次的轮换才能贴好胶囊，小伙子也都精疲力尽，有的几近虚脱。在这次轮换操作过程中，经再三要求，我才被允许进去体验了一次生活。晚间同样不好过，原因是我们在浦口江边的工人宿舍内临时借了几张床位，宿舍潮湿，蚊虫又多，又热又咬，难以成眠。勉强睡着，醒来后浑身如雨淋一般，凉席上印了个人体的框框。白天工作裤腰上被汗水一次次浸透，积下一层层白色盐渍，但衣服两天才能换洗一次，大家咬牙坚持着。

明天就要执行溅落任务了，晚上大家很兴奋，都在琢磨着明天如何一步一步去试验。天刚一亮，大家都不约而同地起来。二十吨的吊车开到南京长江大桥的中央，紧靠在桥边，将近十吨重、外表

漆着白色的钢壳模型火箭垂直吊挂在离水面约40米高的大桥外侧，吊点连接处放置一枚爆炸螺栓，模型壳体内的胶囊充满了气体，防止溅落入水后下沉。打捞船也选定好有利位置准备打捞，摄影机、录像机也各就各位，一切准备停当。我向南京军区许世友司令员报告，请示开始试验，许司令批准后，我即发出"通电"的口令，电源接通，爆炸螺栓爆炸，白色模型火箭一溜烟地溅落到长江水中。有线测量记录了全部数据，摄像机摄制了所需的镜头，打捞船及时打捞起模型壳体。由于配置不当，有线测量电缆随模型下落时使一位工作人员背部压伤，我的手臂也被擦伤流了少量血。这血的代价是值得的，因为入水最大深度的数据已测得不大于20米，证明模型排完水后再溅落水中是不会砸艇的。但这次试验也暴露了一个重要问题，即模型垂直溅落时水击压力从底部将胶囊击破，水已开始向水舱灌入，因打捞及时，模型弹才未下沉。后来改进设计中加了一个排水堵盖，保护胶囊不被击破。第二次试验，我们又采取水平溅落的方式以考核模型结构强度，试验中连接模型两段的三十二个连接螺栓全部滑扣，壳体分成两段，因此在后来的设计中在模型的顶部增设了降落伞以保证不会水平状态入水。通过这些试验，暴露了问题，采取了针对措施，使模型火箭的设计更趋完善，据了解利用江桥进行火箭溅落试验在国际上可能还是第一次。

有了溅落试验做保证，我们心里更有了底，几个月后，又经军委批准，一切按照发射真实火箭的程序进行了模拟火箭弹射试验，一切过程均与设计所预想的一致，试验取得圆满成功。

与美国在研制北极星Ⅰ潜地导弹时先在陆上后到海上弹射模型火箭相比，我们采用潜艇直接从海上发射模型火箭的方式，省去了一个投资巨大的水池，缩短了研制周期，节约了研制经费，大大简化了潜地火箭的研制。

四、第一次海上潜艇水下发射试验

这是一次非常重要的试验，需要动用近百艘舰船，参试人员上万人，新华社要向国际发表禁航公告，海上落区需要定期禁航以免发生意外事故。中央对此非常重视，由国防科工委和海军组织领导小组，张爱萍主任任组长，明确了研制进度，一切为试验作准备的项目必须在1982年9月30日晚12时前完成。这期间相继完成了火箭的总装测试、气密性检查、潜艇改装和火箭的装填，以及最后的综合测试。一切正常，潜艇整装待发。

试验日期确定为1982年10月7日—12日，全体参试人员以及舰艇各就各位，领导同志和指挥人员均聚集在海边山坡上的指挥所内，执行对各方面的联络指挥，潜艇启航驶往预定海区。接近发射时间，潜艇放出浮筏并下潜至要求深度，浮筏上设有无线通信的天线保持和指挥所的通信联系。潜艇继续以步行的速度前进借此保证艇的稳定和维持艇的要求深度。紧接着就进行诸如火箭平台调平、水下瞄准、数据装订等临射前的准备工作，等待指挥所下达发射的口令。此时浮筏上的灯点亮指示潜艇所在位置，使摄影机和光测站事先对准方向以便拍摄火箭出水雄姿和测定其飞行的弹道。

一切准备就绪，全体人员心情紧张、全神贯注。指挥员下达预令口令后，扬声器中传来艇长倒数的口令："十、九、八、七、六、五、四、三、二、一，发射！"全体目光都定在浮筏灯亮方向的海面上，那是多么"漫长的"三四秒钟啊！突然，一条喷火的蛟龙腾跃出水面，带着庞大的水柱直上云霄，大家的心也随之飞上长空，个个兴高采烈。只听得喇叭中不断地传出令人喜悦的声音："××区发现目标，××站跟踪正常，二级点火，两级分离、头体分离。"每一个信息都扣动着成千上万人的心弦。相隔数百秒钟后，一个振奋人心的捷报

像庆典时的礼炮爆发出来了："末区发现目标"。全体人员欢呼雀跃、热泪盈眶，这是多少人、多少年来奋斗拼搏的成就，多少人梦寐以求的结果。飞行试验获得圆满成功！我国成为世界上第四个能自己研制潜地火箭并掌握水下发射技术的国家，全世界为之惊叹。中共中央、国务院、中央军委对此专门发电祝贺，这对全体研制和参试人员是莫大的光荣和巨大的鼓舞。毛泽东主席在○九工程（即导弹核潜艇工程，包括核潜艇和潜地火箭）立项时批示："核潜艇一万年也要搞出来"，这次飞行试验的成功正是对毛主席这一批示的圆满回报。

值得提出的在这次试验期间，张爱萍主任亲自来试验基地看望了全体参试人员，巡视了每一个工作地点，特别对潜艇干部和参试操作人员差不多逐个地进行交谈，了解思想情况并分别作了针对性动员和提出具体的要求。张主任对待同志平易近人的态度和细致的作风对我教育很深。他看到我的身体比较瘦弱，让我到棒槌岛休息一段时间，因我当时是试验地区技术主要负责人，一时不能离开，直到试验结束后才和张主任等人一起到棒槌岛休息了几天，令我甚为感动。

五、几次惨痛的教训

飞行试验成功了，大家分享着胜利的喜悦。当试验受到挫折时，大家又要忍受着失败的痛苦。虽然我们享受喜悦的次数多，但忍受痛苦的次数也不少。只要我们胜不骄、败不馁，从胜利中总结出经验，从失败中吸取教训，都会产生前进的动力。

一次陆上发射台试验时，由于惯性平台帽盖改厚，没有在地面做充分试验，造成火箭在空中作拐弯时平台框架受阻不能转动。火箭失去基准，姿态无法稳定，上天后飞成S型，大有杂技表演之势，结果在空中安全自毁。这次最重要的收获是惯性安全自毁系统得

到了实际考核，只是代价过于昂贵。教训是平台在测试时没有把帽盖盖上模拟实际使用时程序转动的操作，以致这一故障未能在地面发现。这一教训告诉我们：今后在地面进行试验时，一定要尽可能模拟空中飞行的实际情况。

一次海上试验时，火箭出水后姿态异常，失去控制，数秒钟后即在离水面不远处自毁爆炸，把火箭炸成无数燃着的碎片洒落在海面上，看来这些碎片沉入海中不会对潜艇的安全造成任何威胁。试验失败了，却解决了火箭在近海面处出水出现故障时要不要自毁的争论。这次故障究竟是什么原因造成的，当时必须迅速查清，因为原因搞不清楚下一发火箭就不能发射，而海上试验禁航日期已通过新华社公告全世界，过期则需另行公告，影响太大。作为总设计师，我当时心急万分，后经总体部及控制所的有关同志共同努力，迅速找到故障的确切原因是由于一对分离插头座在一、二级尚未分离时提前脱开所致。技术人员在故障出现不到半天的时间就得出明确的结论，并由我向试验领导小组扩大会议作了报告。大家夸我判断故障明确神速，我向大家宣布这是集体的智慧，而不是我个人的聪敏。当采取相应措施后，第二发也在禁航期内进行试射并取得圆满成功。

六、从海上走向陆地

研制潜地火箭过程中，陆上发射筒试射成功后，我们考虑到如果把发射筒装在公路车上开着跑，岂不成了陆上固体机动运载火箭了吗？把这个设想具体化后向张爱萍主任和其他几位副主任汇报后，得到他们的支持并征得二炮领导同意，当即立项。任务的关键就是要设计一台能运输、起竖和发射火箭的三用车。

地面研究所承担三用车研制任务后，立即开展研制工作。为了能通过四级公路和10吨桥梁，对全车重量进行了“斤斤计较”的计

算分析，对车辆的选型、发射筒的设计投入很多的人力，花了很长时间，把全车的总重降到最低程度，为验证这样的重量能否通过汽—10桥梁，还特组织了一次跑车试验。为了适应部队使用要求，也曾做了诸如高温、低温、淋雨、大风、穿雾瞄准等一系列环境试验。结果，我们把做过寿命试验、又做过跑车试验的火箭进行飞行试验，取得圆满成功。

用三用车发射火箭时，因车体受力关系，发射筒不允许倾斜，因此发射后重达20公斤的适配器坠落到发射场上并危及车辆。为此，我们在二院的《新宇报》上刊登出征求解决问题的广告，一星期内就收到70多份不同的方案，经筛选并经答辩后确定了一个最佳方案。经过一年多的攻关试验，终于研制出符合要求的适配器。这次尝试证明，“登报求贤”是个好办法。

三用车发射试验的成功率很高，试验多是一次通过，满足定型要求。从此，陆上固体机动运载火箭诞生了。它开创了我国第一代真正机动的地地运载火箭，同时也为后续型号打下了技术基础。固体火箭研制成功标志着我国火箭技术又跃上了一个新台阶。

七、一次值得回忆的总师扩大会

那是型号研制工作刚由一院转至二院不久，正当各方面工作顺利进行的时候，内蒙四院的一级发动机试车时发现摆动喷管的摩擦力矩大大超过了任务书的要求，这项超差会使火箭出水时姿态难于控制。四院的同志对此非常重视，但经过多次改进却无明显的效果，估计短期内难以解决，这样将使各方面的工作长时间停顿下去。在此紧要关头，我们决定召开一次总师扩大会议，这也是第一次总师扩大会。会议由总师办公室组织，邀请了总师系统的成员、领导机关的负责同志、各研制单位的业务骨干参加，共同来研究如何解决这一难题。会议由我主持，首先请各单位介绍各自的工

作情况，以便互相了解，使大家掌握全面的情况；再请大家将所接受的任务书指标和工作中已做到的水平及通过努力在近期能达到的水平无保留地互相交底；又询问了设计单位对所提指标究竟留有多少余量。通过这一回合的讨论，已经看到了一线光明，只要大家能把口袋里的余量都掏出来，问题就可以解决一部分。再把指标重新分配一下，指标的余量只留一个，由大家共同掌握，不再层层加码。最后采取分散难点的办法让大家各自多承担一点困难。但是在分散难点中，可能有的单位通过极大努力仍达不到新指标的要求，这就将承担一定的风险。会议上明确指出，这样的风险不由某个单位负责而是共同来承担。会议结束时大家都很满意，因此下一步的工作可以得以继续进行。

通过这次会议，确实把研制进度大大向前推进了一步，大家对会议很赞赏，并总结了人人乐道的四句话："有问题共同商量，有困难共同克服，有余量共同掌握，有风险共同承担。"这四句话的核心是"共同"两个字，回忆我们在研制固体火箭过程中不知遇到过多少难题，攻克多少难关，没有一件事不是依靠集体来解决的，只不过有时是小集体，有时是大集体。作为总设计师的我，也只是起到集体中一员的作用罢了。

作者系航天工业总公司高级技术顾问，中国科学院院士，国际宇航联合会院士

固体运载火箭水下发射试验

李光钧

1982年10月12日，我国第一枚潜地固体运载火箭水下发射试验获得圆满成功。它标志着我国火箭技术有了新的发展，在中国航天事业发展中是一个重要的里程碑。

水下发射技术是潜地运载火箭的关键技术，火箭的设计、生产、试验无不和水有关，诸如水下流体动力、水下弹道、水下载荷、水下力学环境、水下初始对准及水下点火等。在潜艇水下发射运载火箭前，必须完成一系列研究试验，掌握水下发射规律。研制初期，我国在这方面许多学科和技术领域是一片空白，也没有可借鉴的经验，完全依靠自己的力量，艰苦奋斗，大胆创新，终于突破水下发射技术难关，完成了我国第一代潜地固体运载火箭的研制。

据报道，国外在研制同类型号时，试验程序较多。在陆台发射试验后，还安排了舰船运动模拟器发射、潜艇水面发射、水下固定发射，最后才进行潜艇水下发射。这些水面、水下的大型试

验工程，不但技术复杂，耗资巨大，而且利用率很低，显然不适合我国国情。总体设计部的科研人员经过调查研究，充分论证，提出用模型火箭在潜艇上进行水下发射试验。在此基础上，直接用遥测火箭在潜艇上进行飞行试验。实践证明，这是一个很成功的方案，是大胆创新的范例。

这里所述的水下发射试验，包括潜艇水下发射模型火箭和遥测火箭两种状态。模型火箭水下发射的主要目的是获取火箭在水中(包括筒中段)运动的各种技术数据，考核发射动力系统、发射筒和火箭的协调性。遥测火箭水下发射试验的主要目的，是考核设计方案的正确性和设计精度是否满足指标要求。

在研制潜地固体运载火箭过程中，我多次参加潜艇水下发射试验，在大海中度过许多不平凡的日日夜夜。现回忆几件印象深刻的事。

潜水训练

1973 年 10 月初，我随七机部模型火箭水下发射试验队到达海军试验基地。这次任务是完成三发模型火箭水下发射试验。按习惯的程序，次日安排了试验计划的协调会。在会议室里挂着一张复杂的计划流程图，其中有一个陌生的项目，叫潜水训练。据解释，这是为上潜艇出海执行发射任务的技术人员安排的。理由很充分：做试验嘛！就有失败的可能，万一潜艇失事，人还可以逃生。真没想到，咱们水都不会游也要当潜水员哩！

在火箭的安装和测试间隙中，安排了潜水训练。参加的技术人员有 20 多人，由一位老资格的潜水队长当教员。先是上理论课，讲潜水的目的、要求、潜水器材和潜水方法等。我们用的是 51 型呼吸器，它由面具、呼吸阀、气瓶、呼吸袋和各种开关阀门组成，用氮、氦、氧可下潜 60 米。它可作出水后的漂浮工具，也可作防毒面具。

关键的操作是换气，要背熟换气口诀。在课堂上，我们用这些器材模拟实地进行操作练习，收获不小。但使人十分难受的是呼吸时用口紧紧咬住一根橡皮管子，刚一咬住就想呕吐。潜水训练的安全措施是很严格的。潜水人员必须体检合格、熟悉安全规则、正确使用潜水器材。还规定下潜前不许饱餐，要排完大小便。这些，我们都一一照办了。

在阳光灿烂的一天，我们乘车来到海边潜水现场。一望无际的茫茫大海，对我这个不会游泳的人来说，心情不免有些紧张。教员以军人的风度作了几句简短的战前动员，接着开始作潜水准备。我是第一批下水，穿上潜水衣，扎上信号绳，佩带呼吸器和压重物，鼓足勇气一步一步往海里走。海水慢慢淹到胸前、脖子、头部……不一会，信号绳一拉，明白这是在问我"感觉怎么样"?我也拉一下，回答"感觉良好"。又一会，信号绳拉两下，这是叫我换气，我也拉两下复诵口令，便开始换气。此后我觉得过了很长时间，信号绳拉三下，这是命令我出水。由于潜水衣浮力大，脚站不稳，几乎倒在水中，我连拉了七八次信号绳，岸上的人着急了，立刻拉入水绳把我拉出水。原来按规定，拉四下是紧急出水，他们以为我发生了什么紧急情况。

潜艇失事人员如何逃生？教员告诉我们，首先穿好潜水衣，佩带好呼吸器，从潜艇的首尾舱的鱼雷发射管爬出去，然后抛出救生浮标及浮标绳，浮标漂在海面，人就从浮标绳搭起的潜水梯一步一步爬出水面，每爬一梯要休息两分钟，以平衡体内外压力，否则就有生命危险。教员还给我们讲一个故事：有一次某潜艇失事，虽然艇员都受过潜水训练，但只有一个有经验的活着出来。说明潜水是件危险的事。

这堂课，我最深的感受是：在潜艇水下搞试验，首先要不怕死。

海上遇狂风

在试验队和基地紧密配合下，经过一个月的紧张工作，完成了模型火箭的总装测试，并将火箭装入潜艇的发射筒中。接着便开始作发射前的准备工作，如安装电池、测试、封舱等。潜艇里舱室狭窄，设备多，电缆、管道纵横交错。舱内湿度大，很闷。我们每天在艇内外爬上爬下，工作一天确有些疲乏，不过睡上一觉，第二天照样干。

某天，这是我们出海执行发射任务的日子，早早起来吃过饭，带些干粮就乘车到码头，整队上艇。试验船队庞大，除试验潜艇外，还有指挥、警戒、护卫、打捞、救生等舰艇。刚出军港不久，天上乌云滚滚，海上狂风怒吼，茫茫大海激起一片白色浪花。我乘坐的指挥艇不停地摇摆起来，纵摇、横摇，还有升沉，就像仪器作摇摆试验一样。不到半小时，头就有些晕，虽然上艇前按医生嘱咐吃过晕船药，但似乎没有起作用。听从事舰船设计的内行说，人站在船的摇心上就好得多。我找了一个位置，大概是摇心的附近吧，仍然作用不大。我们的舰队以战斗队形劈波斩浪，坚定不移地驶向发射海域。试验队的同志身体有些不适，但仍有决心和信心完成任务。又过半个多小时，风越来越大，大海在咆哮，在发狂，掀起好几米高的白浪。简直使人无法想象眼前的大海曾经以它的姿容令人迷恋过。艇的甲板上一阵阵被海水冲撞，浪花飞溅。艇的摇摆幅度很大，使人站立不住，只好依壁而坐。艇上的人一个接一个呕吐起来。打捞船是艘小船，它在水面一上一下，忽高忽低。船上的试验队员和海军战士正紧张地和风浪搏斗，惊险得很！快到发射海域了，风浪仍在加剧。原计划今天在四五级海情下发射，这时已七八级了。经指挥组研究，决定撤销发射任务，立即返航。这是因为气象条件不满足发射要求，发射后箭体打捞不起来，无法获取试验数据。返航命令下达

后，大家松了一口气，各自在舱内找个地方休息。会议室、休息室、走廊上到处都是人，有的坐着，有的躺着。试验队的同志几乎百分之百的呕吐，地上到处都是吐的脏物。谁也没有吃东西，带来的面包、香肠、苹果等物滚了满地，但谁也没有力气爬起来收拾一下，就像得了一场重病一样。试验队有个同志被艇猛的一摇，把他打到舱的另一侧的桌子上，腰骨都折断了。还有一个同志嘴巴合不上来。那些久经磨练的水兵，他们还坚守在岗位上。不过大部分人也吐了，他们吐了又吃，吃了又吐，说这样比空着肚子好受。

回队后，一天没有吃东西，水也不能喝，躺在床上休息，但睡不着，脑子里昏昏沉沉，好像还在艇上摇晃。第二天又照常工作，不过脑子里的摇晃感在一个星期后才消失。

这次出海，使我更敬佩那些日夜战斗在海上的官兵。我们在海上搞试验，要以他们为榜样——不怕苦。

人造波试验

潜艇水下发射火箭时，气象条件至关重要。基地气象站在出海发射前照例要预报气象，如气温、能见度、风向、风力、浪向、浪级、流向、流速、海水密度等。其中有一项最引起人们关注，那就是浪。浪对火箭的出水姿态(包括姿态角和姿态角速度)影响较大，浪高，火箭的出水姿态就大，如果姿态超过控制系统的纠偏能力，就会导致飞行实验的失败。因此水下弹道的研究重点之一，就是弄清浪对火箭出水姿态影响的大小，为控制系统提供设计依据。这就意味着，搞水下发射试验不是在风平浪静条件下进行，而是要有浪，甚至大浪。

根据气象标准，浪分10级，每级都有对应的波高。水下发射试验大纲规定，要获取高海情下的弹道数据，这就要求在波高几米的条件下进行试验。然而这样的条件不是随时都有的，要等，就是参

试人员常说的“等海情”。气象是变幻莫测的，有时等十天半月都等不来，大家很焦急。因为火箭上有些设备(如电池、橡胶囊、运载机构等)时间长了就会出问题。怎么办呢？大家都在动用脑筋。有人想起有资料报道，国外搞过人工造波试验，提出我们为何不试一试？于是在基地主持下，讨论了人造波试验，最后确定两种试验方案，五个试验步骤。

1979 年 7 月的一天，由指挥艇、快艇和 100 多吨的导弹驱逐舰组成的舰队在大海中航行，这就是人造波试验的船队。这天蓝海碧天，风细浪微，万里晴空下白色的海鸥在翱翔，大自然的风光无限优美。但我们顾不上欣赏，大家在指挥艇上围在一起讨论人造波试验的细节。过了许久，到达试验海域。指挥员以洪亮的口令发出“10 分钟准备”！各舰艇按规定的位置就位，作好试验前的准备。“第一次试验开始”！指挥员又发出口令。两艘快艇一前一后，以 30 节的速度沿着一个正方形的路线飞跑。我们从指挥舰上观察，浪是造起来了，但波高不够，很快就消失了。第二次重试，现象如旧。“第三次试验开始”！两艘重型导弹艇一前一后，沿着“S”形路线飞跑了 10 分钟，海面上激起了一片白色浪花，一浪推一浪，大有自然海浪之态。第四五次试验分别以“矩形”和“两艇并行”路线行使。一天的海上试验，大家忘了疲劳，又参加测量数据分析工作。测量结果：波高 1 米，波长 6 米，周期 3 秒，波带宽 18 米，波速每秒 2 米。结论是：波高小、波长小、周期短、能量小，满足不了高海情发射要求。

这次人造波试验，使我对这门陌生的技术有了较深的理解。认识来源于实践，这是千真万确的真理。

高海情发射

1979 年 5 月至 8 月，共进行了四发模型火箭水下发射试验，

但仍未获得满意的高海情下的弹道参数。特别是第四发，遥测参数均未拿到。参试人员有些信心不足了，基地也提出一些困难。是的，高海情发射的确有许多困难，如等海情、打捞箭体、光测和直升飞机拍照等等。但搞这么大的试验达不到试验目的怎能行？大家都在思考。

8 月 4 日上午 9 时，一辆红旗轿车开到试验队住处停了下来，人们在议论不知哪位高级首长来了。原来是在棒槌岛休养的国防科委主任张爱萍派来接人的车，他要听取试验队汇报试验情况。七机部去了三个人，我是其中之一。不一会就到达住所，张爱萍主任精神很好，热情地和我们打招呼，让我们坐下，还没等我们汇报，他就问“第四发打得怎么样？”回答：“打得不好，遥测参数没拿到。”又问：“原因找到没有？”回答：“是电池问题，停放时间长了，艇上湿度大，绝缘电阻下降……”再问：“电池电压不够就不应发射，这是谁决定的？”简短三句话就问到要害处。是啊！电池电压不够就不应发射，但事实上发射出去了。这有多方面的原因，但主要原因还在于组织指挥。我们将试验情况作了简要汇报，当汇报到基地和试验队有些同志反映高海情发射有困难，信心不足时，张主任说：“五级海情就不打仗了吗？”接着说：“你们回去给××、×××传达，请他们把七机部、七院、试验艇总结的情况收集起来总结一下，一是技术，二是组织指挥，三是试验保障。”又说：下星期一下午 3 点，我到厂房看一看，听取领导小组总结汇报。参加汇报的人，除领导小组外，其他下面一些负责人也可以参加，如训练艇的负责人、打捞、测量、七机部、七院的技术干部。这样做的目的是把前几发出现的问题纠正，把第五发、第六发按设计要求尽量满足。张主任兴致勃勃地和我们谈了很久。时针快指到 12 点了，张主任的夫人走过来提醒说：“该吃饭了。”张主任请我们吃了顿饭，还是用那辆车把我们送回来。三天后，张主任亲临现场听汇报，最后讲了话，鼓励大家要团结协作，克服困难，把试验搞好。张主任的讲话，稳定了全体参试

人员的情绪，鼓舞了大家的斗志。负责打捞的官兵当即表态：我们不怕任何困难，海情再高也要把箭打捞回来。许多同志说：张主任的指示明确、具体、及时，一抓就抓住了要害。试验现场人人精神振奋，积极工作，终于获得第五六发高海情发射的圆满成功。

十多年过去了，回忆这件事还记忆犹新。我国潜地火箭之所以有今天的成就，是和这位老一辈无产阶级革命家的重视与关怀分不开的。他那种深入实际调查研究的作风，实事求是的科学态度和强烈的革命事业心是永远值得我们学习的。

关键时刻

1982年国庆节，新华社受权发表公告：我国将向以北纬28度13分，东经123度53分为中心，半径35海里的圆形海域发射运载火箭。潜艇水下发射实验进入了最后阶段。

在基地会议厅里，聚集了各方面的领导人和代表人物。迹象预示人们：这是一个不寻常的战前动员会。中央军委副秘书长张爱萍受中央委托来这里视察工作。在听取了各方面的工作汇报后讲了话。他说："固体火箭在海上发射是第一次，都缺乏经验，要求每个同志要兢兢业业，谦虚谨慎，齐心协力，团结奋斗；要互相支持，互相谅解，不要互相闹别扭；要争气、争光，不要赌气；工作上要提高警惕，那怕是细小的事都要认真周到；要争取时间，但不是赶时间，以质量为主。"又针对岗位责任制问题明确地指出："三岗的统帅是研制单位，要搞预案，要搞练习，要校核操作规程。"他非常关心艇上发射时的指挥员和按发射按钮的操作手。一一询问他们的情况后说："潜艇出海，艇长是最高指挥，各方面的人都要听他的。但是有一条，按发射按钮要听工业部门的，你（指着我）说按就按，艇长要听你的。"张副秘书长的指示非常及时、具体、明确，句句说到大家的心坎上，大大鼓舞了参试人员的斗志。他那种充满必胜信心的

喜悦心情，他对全体参试人员无限信赖的风度，使我们十分崇敬。

全体参试人员没有辜负张副秘书长的期望，他们以强烈的事业心和高度的责任感加倍努力，精心操作，精心测试，不留下一个隐患，不放过一个疑点，对每一个环节、每一道工序都严格把住质量关。经总检查合格后，将两枚火箭装填到潜艇的发射筒中，待命发射。航天部有20人上潜艇执行发射任务，我是技术总负责人。我们感到责任重大，抓紧时间熟悉操作规程，制定预案，并明确职责分工。各级领导十分关心这个小分队的每一个成员，找个别谈心，开座谈会。大家做了最坏的思想准备："把生死置之度外"，"把生的机会让给别人"。

10月的阳光映照在碧波如镜的海面上，装载着两枚固体运载火箭的潜艇，在一队队水面潜艇和观察船只护卫下，以战斗队形乘风破浪，向预定发射海域进发。经过两个小时航行，艇长下令："下潜！"蓝灰色的钢铁长鲸瞬间钻进了墨绿色的大海。导弹舱里气氛肃穆紧张，操作员一板一眼地认真操作，科研人员严密监视那一排排红绿的指示灯和电表，确保不出一丝一毫的差错。"30分钟准备！"各系统都启动起来，工作也很正常。突然，意外的事发生了，检测台上的"－H 切"灯亮了。大家十分紧张。因为灯亮表示火工品电源母线异常带电，在发射筒关盖情况下，如果火工品误爆，可能造成艇毁人亡的灾难，后果是不堪设想的。按常规的决策，是下令"紧急断电"，停止发射。从个人来说，也不承担风险。但我当时认为应把情况进一步搞清，与17所孟庆元、左大良同志商量，都认为"－H 切"灯亮而没有切断电源，说明"－H"没有真正带电，灯亮可能是干扰造成的假象，坚持按发射规程继续进行，并严密监视各种现象。终于这个险情过去了（事后实验证明我们当时的分析是正确的）。"预令！"发射到了最关键时刻，箭上的伺服机构启动了，保险机构已"开栓"，电池已激活转电，脱落插头已脱开，发射操作手把右手的拇指放到按钮上期待着发射命令。就在这时又出现了一个

险情：瞄准战位报告“瞄好”灯灭，785战位报告785计算机停机。顿时舱里的气氛非常紧张，一个个含着期待的眼睛催我们决策。我深深懂得，这个决策的分量是多么重啊！经艇上瞄准二岗李桂英，导弹部门二岗苏万丰及导弹部门长李桂仁证实：瞄准确已封闭，箭上计算机数据已装好，调平没有受到破坏，同意发射。瞬间，发射筒里传出一声闷雷般的轰响，潜艇猛往下一沉，运载火箭冲出水面点火，完成了艇上发射任务。

在发射运载火箭的关键时刻最能考验人，技术的、思想的……这次，我们受到了严峻的考验。

作者系原航天部二院第四总体设计部副总师、研究员

忆第一代固体型号三用车的首次实射试验

李 石 珠

航天二院206所研制设计、清华机械厂等有关单位生产的第一代地地固体战略导弹三用车早已定型。它的研制成功，为国家填补了空白，为战略导弹实行机动作战作了创造性的成功探索，为后续型号发展打下了基础。为此，荣获国家科技进步一等奖。

我对固体型号三用车有特殊的感情。1983年春，我参加了三用车总装调试，1984年夏秋，我参加了三用车全武器系统大型地面公路机动运输试验；1985年春夏，我参加了三用车首次飞行试验。现在回忆起第一代固体战略导弹型号三用车首次飞行试验的情景，心潮澎湃，百感交集，心情是愉快而幸福的！

一部杰作，独生子女

固体型号三用车，由于上级的重视支持，经过设计人员、生产工人，使用部队几年的共同努

力，辛勤劳动，在研制设计生产中克服了许多困难，攻下了一道道难关。总装调试出厂后，以其集运输、起竖、发射“三位于一体”，轻便、灵活、机动、巧妙、多功能而受到使用部队的欢迎，得到上级领导及机关的较高评价，部领导称赞它是“一部杰作”。与三用车配套的水平装填车，融机、电、气、液压于一体，得体、协调、可靠，专家称赞“巧妙”！三用车经过了弹射试验，公路机动运输试验及高温、淋雨试验，低温试验，夜间操作，大风试验，曾先后几次返厂检修，解决了遗留的技术问题及试验中暴露出来的技术问题，如旋转卡滞、插拔机构可靠性等，最后进入实弹飞行试验阶段。这是我国自行研制设计的第一台三用车，同时也是我国当时唯一的一台三用车。人们都亲切而珍惜地称呼它为“独生子女”。需要百般爱护，精心调理，改进提高。

1985年第一代固体战略导弹的试验，是三用车首次飞行试验，也是全面实战考核三用车的关键性试验。我所的同志对这次三用车面临的严峻考验，心情较复杂，思想较紧张。记得当时我的心情可以归纳为三句话：“大有希望，寄予重托，存有担心。”“大有希望”是因为它已经通过了一系列的各种试验，做了大量有效的工作，解决了关键性的技术问题，比较有把握，较有信心，较有底，相信实弹飞行试验会成功。“寄予重托”是盼望它能出众，能经得起实弹试验的考验，技术发挥得好，过得硬，不负重望。“存有担心”是，它毕竟是第一次经受实弹飞行试验的考验，不知道车态发射时还会出现什么新问题。参加人员深知担子有多重，责任有多大，心里总是七上八下，不那么放心。

奉命出征，重任在肩

1985年3月，北京的气候乍暖还寒，试验队从北京出发，去某基地执行首次车态飞行试验任务。由于事关重大，临行之前，二院

召开了隆重的动员大会，刘从军院长、航天部程连昌副部长亲自动员。部、院领导着重指出：此次飞行试验，是三用车首次试验，也是第一代固体导弹的定型试验，同时又是部、院1985年的第一次外场大型试验，意义十分重大。部、院领导要求全体参试人员齐心协力，全力以赴，千方百计，扎扎实实做好工作，确保飞行试验成功，实现1985年开门红。部、院领导要求我们做到万无一失，只许成功，不许失败。他们的话语重心长，字字千钧。我所的参试人员一致意识到车态飞行试验，最关键的首先是考验三用车，深深感到自己肩负责任重大，任务极其艰巨光荣，并以自己能参加我国三用车首次飞行试验而感到自豪。我们的同志斗志昂扬，士气旺盛，纷纷表示要坚决完成首次实射试验任务。有的同志说："人生难得几次搏，我们要竭尽全力做好飞行试验工作，使试验不在三用车上出故障，使此次试验弹不在三用车上晚点、失败。"有的同志讲："我们要使三用车开得动，装得上，竖得起，调得平，运得好，弹得出去，为航天事业增光，为我所争气！"我所的参试人员随试验队专列抵达基地后，不顾疲劳，不畏寒冷，便马不停蹄地投入了发射前的各项准备工作。

自检测试，紧张战斗

1985年3月28日，三用车等设备进场之后，参试人员继承和发扬了航天传统精神，积极紧张地开展了轰轰烈烈的战前练兵活动。遵照周总理生前"严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失"的指示精神，根据试验队的统一部署，为确保飞行试验成功，先后进行了多次设备自检测试，开展了"双想"活动，把住了质量关。三用车起竖、调平、旋转、程控、手控、保温、调温、插拔机构等等，都经过试运输，检修了车辆。试验基地气温低，为解决点火升温，因陋就简，土法上马，保驾人员自缝了保温罩袋。

由于参试人员认真负责，积极主动地工作，解决了自检测试中出现的技术问题，排除了出现的故障，消除了存在的隐患，使三用车处于良好的技术状态。

与此同时，和三用车配套的水平装填车进行了对接调试，先后三次顺利地完成了水平装填，其中有两次是场外作业，克服了地势不平的困难，整个装弹过程灵活、巧妙、稳妥、可靠，让人羡慕，引人钦佩，令人惊叹！在场参观人员无不拍手称好、喝彩、叫绝！此外，电源车、配电车、局部空调补气车均经过维护，完成了发电、配电、补充和加注等工作，配合了试验，满足了需要。

经过一系列的自检测试后，4 月 9 日至 13 日，参加了全试验队合练。4 月 20 日，在风速 12.5 米/秒的大风下，试验队进行了大风试验，三用车性能良好。4 月 26 日，试验队进行了强光瞄准，此后，又于 4 月 28 日和 5 月 2 日，三用车先后四次连续配合兄弟单位进行了强光瞄准，发扬了大协作的精神。

地面设备的特点是：车辆多、设备多、附件多，野外作业多、时间长；工作条件差，露天作业，风吹日晒；地面保驾，要去得早，撤得晚，在车上爬上爬下，工作辛苦，有时还要趴倒在地上，钻到车下，又脏又累。我所的同志懂得地面设备是导弹武器系统三大组成部分之一，强烈的事业心、责任感鼓舞和鞭策着大家不计条件，不讲价钱，一丝不苟，勤奋工作，默默奉献，不畏艰苦，不怕困难，不怕脏，不怕累，吃大苦，耐大劳，顽强拼搏，能打硬仗，为第一代固体型号三用车的研制试验做出了突出的贡献。在试验队党委的领导下，三用车的保驾人员与兄弟单位的保驾人员一样，经历了三个季节，度过了许许多多不平凡的日日夜夜。由于我所的参试人员吃苦耐劳，团结协作，顾全大局，受到了试验队的表扬及兄弟单位的好评。这些都是航天传统精神，优良作风的具体体现和生动写照。

水淹仪器，军民抢险

5月份，基地正值雨季。当三用车首次实射的准备工作正在紧张进行的时候，发生了大水淹了“龙王庙”的事情。5月11日，特种车转场发射阵地进行自检测试，基地气象预报，下午5点有雨，参试人员加紧工作，想赶在雨来之前结束测试。下午3点半左右，天空突然乌云密布，电光闪闪，雷声轰鸣，大有“山雨欲来风满楼”的气势。根据试验队的指示，我所五室负责有线测试的同志，为了采取防洪措施，携带工具，奔向发射阵地有线测试间，迅速对电缆头、排水沟进行了疏通。特种车转入局部撤收。4点20分左右，风向忽然由北风转为南风，刹时，下起了倾盆大雨，雷电交加，狂风暴雨，还夹杂着冰雹。4点30分左右，设在发射阵地地下室掩体内的有线测试间，因地势低洼，斜坡承两面积大雨出现积水。负责测试的同志为了测试设备、仪器的安全，对设备、仪器进行了归置。又过了10分钟，测试间积水已近一尺。他们向发射阵地负责同志作了报告，阵地负责同志立即联系抽调水泵排水。大约仅过了五六分钟，测试间的同志告急：电缆进口的洞口大量进水，室内水深近一公尺，接近桌面，仪器设备被水淹。雨势凶猛，水流如注，积水不断升高，防不胜防。在这紧急时刻，保证仪器设备安全就是命令，保证飞行试验成功就是目标。这时，我所五室的四名同志，我所三室的两名同志，发射阵地的一名同志，二炮试验团的指战员八九人，还有其他所的几名同志和试验队机关的调度、司机等，不约而同，不分彼此，立即跳进齐胸深的洪水中，冒着寒冷，不顾滑倒摔跤，不顾衣裤湿透，顶着狂风暴雨，往返在水深达一公尺的地下掩体，抢救出了所有的仪器设备。其中有示波器，稳压电源，数字机，磁带记录仪等，共计30多台，价值人民币20多万元。这些同志与大风大雨和洪水搏斗了一个来小时，冻得嘴唇发紫，全身颤抖。当仪器设备抢

救出来之后，二炮试验团的解放军见到水面上漂游的包装箱时，又再次跳进水中，把漂浮于水面上的二十多个包装箱一一打捞上岸。在抢救仪器中，特别令人感动的是二炮试验团有一名个子矮小身体较弱的解放军战士，他抢运仪器时不慎掉进深水沟，一下子头被水淹没了，接连喝了好几口水，可是他抱着的那台仪器却被他用双手高高地举起超过头顶而使仪器避免了水淹。当他被人从水沟里救出来时，仪器完好无损，情景感人！这次冒雨抢救仪器之后，有三名解放军战士因受冻着凉而发了高烧，还有几个指战员的手表被洪水浸泡坏了，当试验队派人去取表修理时，二炮试验团的指战员说什么也不答应，他们异口同声地说："这是我们应该做的。"在这场抢救仪器的战斗中，巾帼不让须眉，我所五室、三室各有一名女同志，与男同志一样，表现勇敢，不示弱，受到好评。

为了保证飞行试验按时顺利进行，我所五室的同志当晚就采取了紧急措施，对被淹的仪器设备进行吹风烘烤，夜以继日地轮流值班。二炮试验团的领导特别热情关心，亲自两次带领指战员、技术人员主动上门协助恢复工作，并提供了大功率烘干机，还给我们提供了吹风烘干机用的特种汽油。当时试验队缺少特种汽油，真是"雪中送炭"，"雨中送伞"。团的领导说："你们的困难就是我们的困难，我们要全力协助！"在二炮部队的大力协助之下，经过两个昼夜不停地对仪器设备吹风烘干检修之后，使仪器设备全部恢复了技术状态，完好无损。紧接着五室测试的同志又加紧工作，重新开设有线测试间，重新安装仪器设备，重新铺设线路，保证了有线测试的正常工作，适应了飞行试验有线测试的需要。在车态飞行试验中，终于圆满地完成了有线测试工作任务，测试准确，数据完整。我们的同志高兴地说："这是军民团结奋战，抗洪抢险仪器设备保试验的一曲胜利凯歌，也是固体战略型号三用车首次实射试验的一段插曲。"

发射成功,打了"十环"

1985年5月20日,是第一代固体战略导弹三用车首次实射试验的日子。这是个不平凡的日子,也是关键的时刻。那天,操作部队,保驾人员各就各位,坚守岗位,严阵以待,经历了各个程序,紧张有序沉着机智地完成了各项准备工作。进行到作最后一次检查后,按指令全体人员撤离现场,严阵以待,等待庄严的发射时刻。此时此刻,发射阵地异常平静,指挥所有条不紊,人们屏住呼吸,心跳得格外的快,几年的心血就看今朝。下午6点15分,指挥员下达了"发射"的命令,倾刻,听到"轰隆"一声巨响,见到了三用车发射架下一团浓烟翻滚,火光喷射,火焰上冲,导弹从三用车发射筒腾空而起,飞向太空,五彩缤纷,晚霞与导弹光辉相映,宛如一条彩色的蛟龙在天空飞翔,十分美丽壮观,此情此景,激动人心,扣人心弦,不少人热泪盈眶,相互拥抱,长时间的热烈鼓掌,大家意识到,三用车首次实射试验成功!我所的参试人员心里一块石头落了地,如释重负,如获至宝,沉浸在无限喜悦与幸福海洋之中。不久,观察站报告,导弹飞行正常,又隔不久,得到落区报告,导弹按预定目标着落,准确无误,打了个"十环"。固体型号三用车屹立在发射广场,英姿飒爽,在黄昏中,更显得威武雄壮。1985年5月20日这一天,是个光辉胜利的日子,她将载入航天史册。

车态飞行试验首发成功,三用车经受住了考验,有了个良好的开端,极大地鼓舞了全体参试人员。首战告捷,试验队要求我们继续努力,再接再厉,打好第二发。首战获胜后,接着又经过几天准备,于1985年5月30日晚上9点55分,固体型号三用车发射导弹再次升空,同样又取得了圆满成功,又打了"十环",三用车再次经受了考验,至此,首次车态飞行试验两次发射,两发成功,弹着点精确,双双"十环"。好戏连台,两发两胜,节节胜利,喜上加喜,实现

了1985年的开门红。中央军委、国防科工委和航天部分别发出贺电，指出，第一代固体导弹型号三用车发射获得成功，为该型号定型打下了基础，为固体导弹陆上机动发射试验提供了经验。

固体型号三用车完成了首次实射试验任务，各项技术指标满足了设计要求，经受了两次实弹飞行试验的考核。我国自行设计研制生产的第一台三用车，从设计生产到实弹飞行试验一次成功，为国家增了光，为人民解放军增了辉，为国防科研事业立了功，在航天发展史上写下了光辉灿烂的一页。我所的同志将继续不断努力，攀登新的高峰。

两次三用车实射试验圆满成功，全体参试人员，二炮操作部队，部、院内外参观的来宾，群情激动，欢呼雀跃，热烈祝贺固体型号三用车首次实射试验圆满成功。我所的同志更是兴高彩烈，欢欣鼓舞，激动万分，心底有说不出的高兴。我亲眼目睹了两次飞行试验成功的情景，当即编了几句顺口溜，抒发自己的感情，欢呼车态首次实射胜利成功："白筒绿车锁蛟龙，灵巧机动可'三用'，降魔伏妖舞东风，航天事业立新功。"

作者系二院206所政治部原主任、高级工程师

回顾地空导弹的发展

严 南 根

1959年，正当我国国民经济发生严重困难之际，在防空导弹研制生产方面却迈出了关键的一步——全面仿制“543”。这是苏联50年代装备部队的一种能拦截超音速飞机，靠地面雷达站跟踪目标，用无线电遥控方式制导的中程中高空防空导弹。苏联代号为B—750，西方国家称它为SAM2(萨姆二)。

当时，国家花了很大力气来组织“543”导弹的仿制生产。一一二、七八六等厂负责仿制生产，国防部五院各有关单位作为总设计师代表下到各厂，对产品的技术文件及工艺条件进行解释，对生产中出现的超差代料进行处理。

一、从困难中走出来

仿制生产一开始就遇到了困难。首先是，我们对地空导弹这一综合性技术，缺乏生产组织和管理经验。当时技术队伍百分之八十五是刚

出校门不久的大中专毕业生。他们虽然热情高、责任心强，可是，对地空导弹的研制和生产既无经验，也缺乏设计知识。这些同志下厂伊始，就担当起设计师的职责，对产品、技术条件进行解释，还要编制工艺规程，处理技术问题，其困难程度可想而知了。所以，当时有的同志开玩笑地把设计师说成是“杀鸡师”，也并非是过份自嘲之词。同时，在1959年，中苏关系已经开始有了裂痕。苏联向我国提供的技术资料不齐全，这给我们掌握地空导弹设计技术带来困难。

当年，来华的苏联专家，不少是真心实意帮助我们掌握技术的。但也有少数受当时苏联政府观点的影响，对我们全面地掌握地空导弹设计技术是颇有戒心的。记得1960年，一分院二部驻一一二厂工作组组长拿了一份画在保密本上的“543”导弹三面图，请教苏联专家一些技术问题。此专家不仅没有回答技术问题，反而以总体尺寸不能记在个人保密本上为由，通过大使馆向我国政府提出强烈抗议。最后领导上不得不将该工作组组长撤销职务，回京另行安排工作了事。

再说，当时正值三年困难时期，生产资料和生活资料都非常缺乏。几家主要仿制厂所处的地区，都是生活用品供应很紧张的地区。起初，五院下厂的人员和工厂职工同在一个食堂用餐，粮食标准也和当地职工一样，仅28斤，女职工更少。而工厂劳保福利又无权享受。生活上的艰苦可想而知。因此，不少同志得了浮肿病。然而，在困难面前，许多同志白天坚持工作，晚上还加班研究业务。

就在这生活最困难时，聂总发出了“全军都来支援五院”的号召。在党中央和聂总的关怀下，各军区、各野战部队大力支援，运来了牛、羊、猪肉和大豆等各类副食。生活有了好转，下厂人员也与工厂达成协议，自己成立了小食堂，按部队的标准供应副食。尤其是，为了尽早把导弹事业搞上去，许多行政、政工人员把这部分副食让给了科技人员。如，当时大部分人员都在食堂就餐，隔一星期或十天能享受一顿较好的菜，而行政、政工人员则不享受这一待遇。当

时，我们所在研究室有一位管行政的大尉副主任，他本来可以在伙食较好的中灶就餐，但他却让给一位比他年轻管技术的上尉副主任，自己则和我们一大批年轻人一起就餐。从这件小事上可以看出当时上下同心，齐心协力要把我国导弹事业搞上去的决心。难怪当时一位老专家感慨地说："第一次大战后，德国处于战败国地位，经济异常困难。但从 1921 年起，就把一批科技人员送到瑞士'养起来'，保证他们的生活。这样到 1933 年希特勒上台前，科学技术上很多方面超过了英、美。现在，党中央和聂老总如此关心知识分子，我相信，导弹事业一定能很快上去。"是的，的确是这样，经过大家齐心协力，为了一个共同奋斗目标——地空导弹的仿制，终于从困难中走出来了。

二、人才济济，阵容堂堂

1960 年 8 月，苏联政府突然撕毁合同，在华帮助工作的苏联专家全部撤离回国，造成"543"仿制工作的部分空白。

但是，就在这时，在欢送苏联专家回国的宴会上，五院院长刘亚楼代表聂总特意为中国专家和知识分子干杯！这含意不说自明——我们国家第一代导弹设计人员必须在没有外援的情况下，尽快探索出一条自己的道路来。当时，在地空导弹研制战线上的科技队伍状况可以说是，热情很高，经验缺乏，知识不足，人才济济。除大部分青年人外，只有少数专家和业务领导骨干。他们虽有丰富的实践经验和扎实的理论基础，可是，对地空导弹技术也是一门新课题。所以，他们一面工作，一面学习，带领大家前进。尤其是苏联专家撤离以后，完全靠自己的点滴经验，摸索着前进。

当我们今天回忆往事时，这些当年的引路人和开拓者是最不会被遗忘的。当时，在地空战线上有一分院二部的屠守锷、陈怀瑾、叶正明等；二分院有二、三支队的吴展、杭效祖、李蕴滋、何午山、陈

敬熊、张志英、蒋通、张履谦，吴宝初等。四支队则有吴中英等。宋健在1960年底回国后，也参加了二支队工作。1962年地地战线上的刘从军被调到调整后的一分院二部（导弹弹体设计部）主持技术工作。

还需要提出的是：曾经在战争中流过血汗的一大批政工和行政干部又把汗水洒到导弹事业上来，为保证导弹科研事业的胜利前进付出了辛勤劳动。也有的领导干部搁下自己原来熟悉的工作，重新学习火箭发动机或电子技术。当时，在学习新技术方面被公认为学得比较好的，在一分院有程荣之，二分院有柴志。他们二位后来在地空导弹科技管理上做了很多工作。

就这样，在党的关怀下，在少数专家精心带领下，在自身的刻苦努力下，一大批掌握第一代地空导弹技术的骨干迅速成长起来。他们带领了更多的青年人去攻克技术上的堡垒。他们中不少人至今仍在地空导弹战线上奋战着，如：沈忠芳、黄培康、路平、张通、胡正中、陈明远等。

三、探索与追求

聂总在“543”仿制工作一开始，就发出了“仿出‘543’，摸透‘543’”的号召。也就是只有把别人的吃透了，才能创造出自己的。所以，在仿制“543”的同时，也进行了“543”反设计工作，探索“543”导弹系统的设计原理。这反设计工作在某种意义上是比自行设计还要困难的。因为，要探索出苏联人在设计时是怎么想的？为什么？然而，仿制和反设计都不是我们最终目的，我们的目的是自行设计，自行研制。在这个问题上，曾走过了一段曲折的路。首先在1958年，二分院就进行过当时称为“HQ1”的地空导弹自行设计工作。由于协作单位不配套，也没有研制厂，指标又过高，论证了一下方案后也就无法继续下去了。到1959年底就全面进入仿制“543”

和反设计工作。

1962年上半年，在北京召开了“521技术交流会”。会上宣读了近百篇围绕“543”仿制和反设计撰写的论文和科技报告。参加单位除五院所属一、二分院外，还有试验基地、工厂、使用部队和哈军工的同志。这次会议不仅是对“543”反设计工作的检阅，也是对反设计工作的一次促进。有些论文和报告还在理解分析“543”的基础上，对原“543”的不足之处提出了改进的方向。这样，实际上为自行设计准备了一定基础。就在这次会上，当时还是哈军工教师的张玛娅宣讲了用数字机代替了“543”K车中模拟计算机的方案报告，受到了与会者很大的重视。

经过两年多仿制及反设计实践之后，无论是领导还是具体科技人员，都逐渐体会到，必须有一个强有力的技术抓总单位，来协调复杂的地空导弹研制工作。原先五院的一、二分院是以专业来分的。一分院基本上是以机械类为主；二分院则是以电子技术为主。根据苏联援助的8102工程，一分院的第二设计部是导弹总体。而根据8109工程，二分院的二支队是制导站和控制系统。二者要独自成为整个“543”系统的抓总单位都是很困难的。为此，在1962年5月，结合当时实际进行了体制调整。一分院二部部分人员和专业与二分院二支队合并成立了新的二分院二部。它是一个地空导弹的总体设计部，在技术上进行抓总。把导弹总体设计，制导系统，控制回路以及飞行试验都集中在一个设计部内，可以进行整个地空导弹系统的总体设计和论证分析。而一分院第二设计部为导弹弹体设计部。同时，在五院设立地空型号总设计师办公室，由钱文极任总师，协调技术事宜。这样就在组织上保证了仿制和反设计的顺利开展，更为自行设计打好了组织基础。调整后的总体部(二分院二部)有吴展、杭效祖、陈怀瑾、何午山、吴宝初、宋健、钟山、叶正明、钟清瑞等。1963年底王伟也到二部担任职务。一分院二部则有刘从军、胡正中、陈明远和杨国华等。

体调理顺了关系，新的总体部显示了它的优势。在仿制和反设计工作中为整个武器系统的“龙头”编写了“543”导弹系统的总体资料，补充了苏联资料的不足。在人员培养方面，理论与实践并重。宋健主持的控制系统室建立了控制理论组，深入研究导弹控制中的理论问题。他还组织人员把“543”控制系统主要参数、性能、数据汇编成册，人手一份，要求科技人员都能背诵记住，为自行设计打好了基础。

1963年底，导弹的仿制工作基本完成。地面制导站也做出了一套样机。自行设计的条件日臻成熟。二分院二部与三支队联合七八六厂针对“543”制导雷达在实践中的缺点，提出了地面制导站加照射雷达的设想，很快做出样机，并试验成功。一三九厂(原112厂生产导弹部分)也提出了一个“三长二短”的方案(即缩短“543”导弹二舱，加长三舱)以增加燃料，扩大射程。1964年3月，五院钱学森副院长到二分院作报告，提出开展自行设计，研制能对付美国SR—71高空侦察机的地空导弹。

这时，是搞一个另起炉灶，走老“HQ1”道路的方案呢？还是在“543”的基础上，“青出于蓝而胜于蓝”呢？对此，展开了技术上的激烈争辩，最后得到了统一。五院院长王秉璋特意作了指示，指出自行研制的型号应一步一个脚印，基础扎实。“苏联米格—17到米格—19高度仅提高一公里，也算另一个型号”。于是，根据当时科技队伍和生产能力的实际情况，制定了在“543”基础上小改、中改、大改三步走的规划设想。小改，在“543”基础上加抗干扰措施，导弹采用“三长三短”方案增加射程，这就是后来的“HQ2”；中改，再在小改基础上加大导弹射程，增加导弹机动能力，改进导引方法，提高对付机动目标的能力，后发展为“HQ3”；大改，射程加大到远程，采用复合制导，它后来成为“HQ4”的雏型。

遗憾的是大改方案，以后由于“文革”及其他种种原因至今也没有实现。

1964 年钱学森根据毛主席“别人有的，我们也要有”的指示，提出了组建“反弹道导弹研究所”，由宋健负责筹建，于是一部分地空力量转入反导研究。1965 年越战紧张，美国飞机飞临河内及越南北方各大城市上空进行轰炸。苏联萨姆 2 防空导弹疲于奔命，暴露出了不少弱点，如反应太慢，贻误战机，车辆太多，阵地转移困难。由此也启发我们在防空导弹方面不应光考虑打高空及中远程目标，也应有能打低空目标、反应比较灵活的防空导弹。于是我们发展了一个中低空防空导弹，即是 HQ61。HQ61 初期进展相当神速，到 1968 年初就进行了独立回路试验。可惜后来由于“文化大革命”的干扰，进展缓慢下来了。

成功的花朵，人们都羡慕它现时的明艳，却不知当初它的芽浸遍了奋斗的血泪。当今天回忆起过去创业的艰苦，更加激励我们继续为航天事业奋斗！

作者系二院原国际市场部部长、研究员

忆红七峥嵘岁月

钟　山

明知山有虎，偏向虎山行

70年代末的一天，解放军总部会议室里，烟味弥漫，雾气缭绕。一项研制我国新一代地空导弹武器的计划正在酝酿。这项武器系统具有高度自动化、快速反应、火力强、低空性能好等特点，将使我军防空能力跨上一个新台阶，是填补空白的新武器。当时，国内工业基础条件还很差，谁能担负这一重大而又刻不容缓的历史重任呢？

按照当时的分工，防空导弹本应由原八机部承担。七机部二院闻风而动，联名向总参、国防科委主动请战、争取承担此任务。1980年4月，国务院、军委及时作出了决定，新防空武器命名为红旗七号（以下简称红七），由二院负责研制，同时任命我为红七总设计师、副院长。从此，二院从反导弹任务范畴中又回到了防空导弹领域，并发展成为防空导弹总体研究院。红七是十年动乱后二院人主动争来的第一个难“啃”的“馍”，技术新、要求高、周期短、难度大，百废

待兴，困难重重。但我们一想到这是国防急需、部队急需，又有国务院、中央军委的信任和支持，“人生能有几回搏，此时不搏更待何时。”于是，以二院为龙头，全国30多个厂所单位千余人组成的型号设计师队伍和几千人参加的研制大军群情激昂地踏上了漫漫征途。此后八年里，京城西郊的万家灯火中便亮起了红七战士经久不灭的灯光。

红七武器系统是由地面机动行走的集光机电为一体的制导站及空中飞行受控的导弹所组成。而导弹又是由弹体、动力、能源、引信、战斗部、控制及遥控等多专业、多学科组成的复合体。我们二院研制过第一代的防空导弹武器，但要达到红七这样体积小、重量轻、高机动、高效率、高精度的高要求，不管从材料、元器件、加工；还是从各种尖端技术的攻关及应用，特别是全新的作战及维护软件的开发等，都是在遭受动乱后千疮百孔的基础上，从一片废墟上建立起一座全新的金字塔——第二代自动化武器。从一开始，红七这一任务“重要、紧急、复杂、艰巨”八个字深深地刻在了我的脑门上，也广为流传在每一位红七战士的脑海中。

这个骨头怎么啃？这座虎山怎么行？

大海从鱼跃，长空任鸟飞

我坚信“实践是检验真理的唯一标准”、“勤能补拙、笨鸟先飞”，在设计师队伍中反复强调“多做试验、早做试验、强化试验、对比试验”。红七武器研制经历了由简到繁，由易到难、先地面后上天等各种类型试验几百次。由我带队去大小靶场进行各种飞行试验共有11次。大靶场在西北某试验基地，处于戈壁荒滩，气候多变。时而狂风大作，飞砂走石，难以睁眼；时而烈焰当空，丝风不见，地表可以烤熟鸡蛋；时而寒气袭人，披上棉衣还在打颤。亲身体验到：“早穿棉袄午披纱，围着火炉吃西瓜”，一丝不假。我在这里一共进

行了五次大型试验，累计时间大约两年。每次试验队大约在150人至200人，我们试验队的口号是“一切服从于试验、一切服务于试验”。试验队有年过半百的技术骨干，他们患有高血压、心脏病、关节炎等疾病，在缺医少药的荒漠上埋头苦干、带病坚持；还有的同志家中老父老母年迈病危、急需他们侍候照顾，但工作急需，离不开他们，只有片言只语书信安慰，自己却专心致志于夺取试验成功；他们经常内疚得胸中像堵着块砖，孩子该考学了，不能回去，爱人住院了，不能回去；有位女同志老母故去了，接到电报，她双手发抖地把电报给我看。“她是唯一的操作及排故能手，放走她，试验将推迟甚至停顿几十天。不放吧！于情于理难以……”她未等我发言，“队长请放心，一切为了试验成功，我会处理好家里的后事”。就是这样众多的好同志拧成一股劲，心往一处想，迎来了研制初期的试验成功，节节胜利。

导弹能在天空遨游，它的动力来源于固体火箭发动机。由我院210所和兵器部204所联合研制，攻克固体发动机的药型、配方、绝热隔热、燃速、比冲等等关键，为了加快研制，他们土法上马、土洋结合，因陋就简，修建了试车台，就在这试验台上进行了数百发的不同状态发动机点火试验。在1981年寒冬腊月的深夜，我拿到了最后试验结果，发动机特性曲线满足导弹的要求，我和他们都像提前过年一样，兴高采烈，拥抱祝贺。并以马不停蹄的姿态，将发动机与弹体其他设备联结装配起来，形成了初具雏形的导弹——模型弹。1982年秋，在西北靶场取得了模型遥测弹六发六成的好成绩，初战告捷，我赋诗留念：“雷鸣电掣震高原，雏燕离巢箭出弦，两载愁汗星光伴，夕阳六照果倍甜。”

万事开头难，导弹上要装载多种火工品、危险品，如电爆管、爆炸螺栓等，特别是威力足以摧毁一架飞机的战斗部，这些危险品在首次安装、拆卸、试验时都是带有死伤的风险。当装备齐全的导弹在地面固定发射架上试射以后，又要在机动行走的车顶上作首次

发射，导弹离架时将有高达2000度的喷焰和几吨重的推力加在车厢顶上，车厢内却有主任设计师乐美康同志等3人进行操作。只要在设计上、程序上稍有不周之处，都有可能引起火工品点火、战斗部起爆，造成车毁人亡的严重后果。当时类似试验在国内也是首次。老乐同志是“第一个敢吃螃蟹的人”，而我却是第一个“要他们吃螃蟹的人”，我在距离他们一百多米以外的指挥车内，当听到各个岗位陆续报出“准备完毕，可以发射”的回话以后，我的心开始忐忑不安，深深惦挂着我的亲密战友老乐等同志，为了他们的安全，做到万无一失，我再次下令，再做五次模拟发射试验，一切正常，我才下达实施发射的口令。当倒计数九、八、七…开始时，我的心跳随之而加快，血压直线上升。紧接“发射”一声雷鸣，一片闪光，我像箭一般奔向发射车，拉开车门，老乐等3人一齐翘着大拇指，一切正常安全，我热烈祝贺这些勇敢者赢得的成功。

在研制阶段前四年，模型弹初战告捷，独立回路弹再奏凯旋，遥测飞行试验圆满成功，连续15发导弹发发成功，研制攻关，捷报频传，试验队沉浸在经过自己千辛万苦之后亲眼看到丰硕成果的欢乐之中。有的高兴得在沙坡上打滚，有的频频举杯一醉方休，真是“醉卧沙滩君莫笑，皆为红七凯歌还。”

雾重飞难进，风多响易沉

攻关的道路艰难曲折，科研的征途坎坷不平。导弹已是一只雏鹰可以在空中飞翔，但要它去捕猎食物，训练它具有眼观八路、耳听四方的耳目和锐利的爪、牙，这就需要地面制导站的搜索、截获、跟踪制导目标，制导站发出的指令将使雏鹰成长为精灵的猎鹰。地面站与空中导弹的协调配合试验过程也就是猎鹰的成长过程，它耗去了我们多少个不眠之夜，遭受了多少痛苦和磨难。

为了早做试验、及早暴露弹站之间协调问题，1985年秋，我带

试验队三进靶场。不巧的是靶场已有另外两个试验队，试验任务十分繁忙，我们的试验只有安排在另外两个试验之间，见缝插针，穿插进行。我们的归期由于火车专列的原因已经确定不能后退，形容当时的情景是“前有雄关挡道，后有追兵紧逼”。我们只有在限定的时间内完成试验。不幸的厄运终于降临了，首发地面站与空中弹的协调配合试验没有成功，试验队和我一起，首次尝到失败的苦涩，一片沉寂、鸦雀无声。考虑到时间的紧迫，我与骨干们连夜收集数据、分析讨论，尽快地做出采取措施后打第二发弹的决策。三天后，第二次配合试验又失败了，试验队再次陷入痛苦、困惑、矛盾的氛围之中，地面站的设计师们周密详尽检查自己，没有问题，把怀疑的眼光投向导弹；导弹的设计师反复验证，确认多次赢得成功的导弹一切正常，把担心放在地面站的几十条导线上。经过几天几夜的争论、反复求证，终于统一认识，采取措施后发射了第三发弹，迎来的仍然是导弹乱飞、不知去向，再一次失败。试验队像一颗炸弹似的炸开了，离结束时间还有七天了，看来这次只有以完全失败而撤离了。痛苦加重、争吵增多、人心混乱、何去何从？我已经连着五天五夜没合上一下眼，食无味、睡难眠，脑子里不断回旋着骨干们的各种争辩、意见，要从一捆乱麻中找出头绪，作出回答。眼见我的消瘦和惆怅，同志们送来了关心和安慰，提出了不少好建议。又经过两个夜晚通宵达旦的骨干讨论，先是面红耳赤的争辩讨论，后来是相互理解、相互弥补形成了统一认识。一致认为前两发弹的失败故障模式相同，可能是弹与站之间的协调问题，但也不一定是系统必然存在的。第三发失败是弹上设备不正常造成的，是可靠性故障。为了验证弹与站是否有系统性问题必须再打第四、五发弹。我为了红七研制全局着想，为了彻底暴露问题、解决问题、攻克拦路虎，再一次冒风险作出决策：在限定期限的最后时间，争分夺秒，修改状态，简化连接导线，力争一天打两发弹的孤注一掷、最后检验。1985年9月23日这个终生难忘的日子，经过试验队日夜不停、加班加

点抢出来的两发弹终于在最后一天发射了，两发导弹经过磨炼以后已成熟了，像老鹰抓小鸡一样发现目标、扑向目标、接近目标。“闭合回路终于成功了”，这是出自内心的呐喊！我们亲身经历了“为伊消得人憔悴”的痛苦，又尝到了“蓦然回首，那人却在灯火阑珊处”的欢乐。

但是，这种“柳暗花明”的欢乐并不为更多的局外人所理解。因为五发两中成功率只有百分之四十。加之，在最近两年内我为了及早暴露问题、积累经验，还借用相类似的武器做过两次试验，打了11发，命中3发，成功率还不到百分之三十。这样，引发了各种议论和疑问，招致了各种各样的麻烦。“这个型号还该不该搞”，“路子走得对不对”，“老师（指可参考的类似武器）都不行，学生还好得了吗？”“钟山这一套行不行”。上上下下、众说纷纭。随着满城风雨而来的是有关部门和权威们一次次审查，我们一次次汇报，还有不可避免的一次次激烈的争论……

连续的劳累和不断的心力交瘁使我患甲亢和冠心病越来越严重，体重下降二十多斤，难以硬撑，被迫住院。在治疗期间，我有过退缩的想法，“这几年来一心扑在红七上，干的是红七，想的是红七，关心、爱护红七，胜过我的妻室儿女，胜过我的一切。我图的是啥！还招来这么多责难和麻烦，为的什么。”“借着身体不好，何不换马下台”。医务人员用输液吃药治疗了我的身病，同志们不断地关切、问候却给我输入了更多的清醒剂和兴奋剂。我在病床上清醒地认识到：红七正面临着一个关键时刻，冲过去，就可能达到胜利的彼岸，退下来，便会前功尽弃。“胜利往往是在坚持一下的努力之中”。值得兴奋的是设计师们技术骨干们全力支持我，二院党委及领导全力支持我。就像害病一样，发现了问题，找到了病根，对症下药是好事，不是坏事。

出院之后，狠抓了试验结果分析工作，狠抓了红七系统三大难点“初制导交班、制导精度、引战配合”的攻关工作；我们不断地分

析、计算、试验、测试、讨论……

难关重重险渡，又是一轮春夏秋冬。1986年秋，我率队来到燕北山区小靶场，以验证分析的正确和攻关的效果。在即将发射的前一天，我又遭不幸，突然得了急性痢疾被迫住进医院，连夜进行打针、吃药、输液，我百般恳求医生，加大药量、加快治疗，试验队在等着我，我的心千丝万缕牵挂着明天的试验。精诚所至，金石为开，不到一个小时，止泻止疼，提前拔下针头，风风火火赶回试验队。队里正在为能否如期进行打弹而担心，我说一切准备就绪，试验照常进行，果然，苍天有眼，不负有心人。这次全系统验证试验圆满成功，它表明去年3发弹失败的分析是正确的、采取措施是有效的；这几年对三大难点的攻关是成功的。

乘胜前进，一次更全面更严酷的考验在等待着我们。

世上无难事，只要肯登攀

1988年春，红七进行全武器系统的定型试验。四种类型的五架靶机将以各种姿态提出各种难题来考验红七，是猎鹰还是雏燕？

首发，拦截活动靶机，一举成功，首战告捷。

次发，拦截可以机动飞行的靶机，看看这只狡兔能否逃过猎人之手。当试验进入30分钟准备时，忽然刮起了六级大风，滚滚黄沙漫天遮日，几米之外不见人影，当时在现场参观的军委刘华清副主席问过我："这样的天气敢不敢打？"我说"如果靶机能够飞得起来，红七导弹就能够打"。8点30分，靶机强行放飞了，巨大的风力把拖载靶机的靶车吹出了轨道，靶机歪歪扭扭地飞上天空。当进入预定空域后，一声令下，一条火龙呼啸而出，冲向靶机方向，由于强风干扰，导弹在飞行中急剧下沉，我的心也随之紧张下沉，好在精确的制导系统又把导弹拉起。远空中两颗亮星一逃一追，相距一段距离。一颗狡猾的星在转弯、加速，眼见相差距离有拉大的趋势，试验

队同志情不自禁地为导弹助威:"加油、加油!"似通人性的"星"迅急赶了上去,两星相撞,一片火光,一团烟云,一片欢腾,机动靶机被一举击落了。刘华清同志高兴地对大家说:"你们打得很精采,红七导弹冒着六级大风打下机动靶,这说明武器系统是过得硬的,二院的红七战士是能打硬仗的"。试验队没有在赞扬声中陶醉,因为我知道,这仅仅是开始,更严峻的考验还在后面。

同时进行拦截双目标的试验,这在国内还是首次。两架靶机双双起飞,一号机到达预定空域后在空中飞行了 40 多圈,而二号机却不见踪影。根据计算,一号靶机再飞两分钟就没有燃料了。我心急如焚,心想这次要砸锅。当天有两架专机专门载有军队和各级领导同志来参观难见的双靶,有可能要落空,就在这千钧一发的最后一分钟,二号靶机突然闯入空域,即刻,一声牵动,两发导弹相继飞出,各自奔向一个目标,转瞬间,两发导弹几乎同时在空中开了花,两架靶机双双坠地,这一今古奇观使人叹为观止,人们欢呼雀跃,争相评说,我在兴高采烈心情下赋诗作念:"姊妹相继腾云天,各奔东西自觅伴,瑶池同开花两朵,霞光异彩照宇寰"。

过了一关又一关,一关更比一关难

定型试验最后的关键一战是拦截超低空靶机,这是检验红七超低空性能难度最大的一战。由于靶机贴近地面高速飞行,给雷达的搜索跟踪带来极大困难,导弹擦地飞行随时可能碰地而炸。在靶场实施这种超低空拦截是首次,连这种靶机也是新研制的,还没有试飞成功过。我对红七的这种性能在仿真模拟上是可以实现的,但对实际作战中应用也是面临着初次尝试、心中揣着一个兔子试试看。真所谓好事多磨,超低空靶机一共三架,第一架、第二架试飞都失败了,为了等待这最后的关键试验,试验队多呆了一个多月,从末冬进入了盛夏,有些不耐烦了。最后,我们一致同意,最后一架靶

机作试飞，只要能进入，我们就试打。这又是孤注一掷的最后机会了。众人翘首盼望的最后一刻终于到来，靶机以几十米高度进入，红七导弹这个空中骄子没有辜负我的期望，风驰电闪掠过低空，战斗部及时起爆，将靶机彻底摧毁。这一超水平的空中表演，干脆、利索、漂亮、壮观，它创造了我国防空导弹试验史上从未有过的光辉战例，赢得了试验队和参观者的热烈掌声。当这胜利瞬间到来时，当这严酷的考验结束时，我和基地的总师紧紧地拥抱在一起，互相拍打着，任凭热泪畅流。

红七在定型试验中荣获了国内四个首创，即首创超低空、双靶、五弹中五靶和首次顺利通过全武器战术性能使用试验。红七是在防空导弹已有的二十多年研制历史中，唯一的在计划经费内按时完成的型号任务。红七武器在战术技术性能上达到了同类产品八十年代的国际水平，荣获国家科技进步特等奖。红七研制八年，获得如此殊荣，作为总设计师的我，回顾往事历历在目，激动万分。按照年头来算，研制红七用了八年，但是我的心里是明白的，我们在研制期间，没有了八小时内外，没有了白天、夜晚，没有了节假日，月月如此，年年如此。如果把节假日和晚上加班时间折算到正常工作日，实际红七研制相当于用了十年。也就是说，红七健儿用“拼搏”、“奉献”精神换回来缩短两年的周期，赢得了时间，保证了质量，为早日装备部队填补防空导弹空白作出了贡献。

在红七研制过程中，流传着两句顺口溜：“跟着钟山干，都成穷光蛋”。的确，在研制八年过程也正是国内开放搞活、经济发展的时期，不少红七战士的同学、朋友转入商品市场经济以后，发了财、变了样，或者有了名气地位，或者奖金拿得多得多。只有搞军品的同志面临着周期长、责任重、难度大、见效慢、奖金少，既无名又无利。但是红七战士为了早日研制出第二代先进武器，不辜负国家、军队现代化的重托和信任，他们对现实的回答是：“就是穷光蛋，也要拼命干”。他们的确是以无私奉献的精神达到了废寝忘食、日以继夜

的忘我境界。在这过程中有一些同志积劳成疾，没有看到红七的最后成功就过早地离开了我们，我们将永远记住他们。安息吧，早去的战友。

在荣获特等奖的庆祝大会上，国防科工委和空军领导同志以赞誉的口吻说："跟着钟山干，年年有改善，个个是好汉。"今天，仅以此文纪念建国五十周年，作为历史的鉴证；同时，也将这段艰苦曲折、团结战斗的美好回忆，献给已去的和还健在的红七"好汉们"，为了我们的国防现代化，坚韧不拔地发扬奉献精神，继续前进吧！

作者系二院原副院长，红七总设计师

红缨五号甲的研制之路

叶 尧 卿

红缨五号甲(HN—5A)地空导弹是上海航天局研制的一种采用被动红外寻的制导和筒装肩扛发射方式的单兵便携式防空武器,用以射击从低空、超低空入侵的各种飞机和直升机。

这种导弹虽然很小,却也“五脏俱全”。包含有制导、引战、动力、能源、发控等分系统,集中了红外、控制、光机、动力、电子、气动、化工等许多技术领域的成果,具有轻便机动、制导精确、打了不管、操作简便等特点,是先进、有效的防御武器。

从零开始　边干边学

1974 年秋,上海机电二局(即后来的上海航天局)抽调人员组建队伍,开始小型防空导弹研制前的准备工作。我们这些被抽调的人员虽然大部分来自设计、生产第一线,但搞小弹毕竟是首次,缺乏有关的专业知识,也缺少必要的研

制手段，因此面临的首要任务是学习。

1. 通过收集、翻阅国外有关小弹的文献、资料，建立起小弹的概念，了解小弹的体制、组成、工作原理、特点构造；

2. 走访有关兄弟单位，学习红外制导导弹的研制成果和经验，参观各种专用试验设备和试验室；

3. 筹集各种非标设备，创建必要的试验条件；

4. 酝酿小弹的设计原则与总体方案。

经过一段时间的学习、调研和探索，在总结以往型号工作经验教训、参考国外同类导弹发展动态、分析当时国内局内实际情况、结合部分国外导弹资料的基础上，明确了小弹的设计原则是：以某型导弹为原型，并针对其不足进行有效而可能的改进。在为数众多的大小改进中，涉及战术技术性能的改进主要有三项：增大战斗部威力以提高对目标的杀伤效果；提高导引头抗背景干扰能力；提高导引头探测器灵敏度。

在确定的设计原则指导下，小弹的研制工作于 1975 年正式全面铺开。

由于缺乏技术贮备和小弹的研制经验，又无原型弹实物，在完成方案设计、落实技术途径过程中，只能采用多种方案比较、筛选，边探索、边落实的做法。例如，为了寻求理想的发动机结构形式和推力特性，曾尝试过用玻璃钢、铝合金、特种钢等多种材料作燃烧室壳体，用不同材料、数量、直径的金属丝来控制装药燃速。

三项改进看似简单，但遇到的困难很多。提高导引头探测器灵敏度需要解决热端散热、供电线的机械和电气干扰、制冷所需用电等一系列技术问题。加大战斗部威力不仅要优化设计，选择合适的装药和破碎性好的壳体材料，还需要解决因为重量增加而导致发动机能量相应增大的问题。

在层出不穷的问题面前，我们没有退缩，而是结合实际加强学习，用掌握的知识，通过理论分析计算，辅以各种试验，逐个予以解

决，并根据 HN—5A 导弹尺寸小、射程近的有利条件，在上海附近的小靶场做了许多次飞行试验。

为了考核导弹的稳定性，测量导弹在飞行中的转速变化规律，打了模型遥测弹；

为了掌握引信在飞行中的实际工作情况，打了引信遥测弹；

为了摸清导弹发射时噪声、燃气、火焰等对人体的危害，做了生物试验；

为了考核驾驶仪系统的工作性能，了解导弹可控性和机动性，搞清弹上的力学环境，打了独立回路遥测弹和振动遥测弹。

通过这些试验，加深了对问题的认识，推动了研制工作的进展。

奋进拼搏　初战告捷

经过四年努力，首批闭合回路弹终于研制出来了。

1978 年底，我们带着产品和设备，来到航天局管辖的安徽 603 靶场，怀着激动、紧张的心情，进行 HN—5A 的第一次打靶试验。

试验大纲规定，此次试验打的是距离为 3700 米的固定靶。导弹发射时的高低角取为 20 度，为了便于观察导弹的受控情况，在方位方向加 5 度初始偏差角。

结合当地特点，我们用安徽盛产的毛竹把靶架设在山顶的阿福庙上。在 4 米见方的靶板中央悬挂着 2000 瓦电炉作为目标模拟光源，靶标高 154 米。

发射阵地设在山脚下的一块平地上。阵地中间是新设计的、供 HN—5A 试验用的小型圆形发射塔，塔身两边的左、右支臂上固定装着被试装筒导弹。发射塔后方数十米的扇形地区内布置着摄影机、发控车、遥测车和遥测天线等参试设备。

试验定在 12 月 19 日凌晨进行，试验队在子夜就开进了阵地。

隆冬的夜晚又黑又冷，而阵地上却灯火通明、热气腾腾，试验前的准备工作在紧张地、有条不紊地进行着。我幸运地被选定作为第一任射手，置身于发射塔内，通过前方的防弹玻璃窗口望着忙碌的人们，心情无法平静。

当各个部位自检完毕，一切正常后，指挥员下达"10 分钟准备"和"点燃目标光源"口令。刹时间阵地上的灯火熄灭，一片漆黑，远处山顶上目标光源的暗红色亮点却如镶嵌在夜幕中的宝石在闪烁。沸腾的阵地突然变得宁静了。

"导弹供电！""瞄准目标！"的口令随即响起。遵照口令，我双手摇动操纵手柄，转动发射塔身和装弹支臂，使导弹轴线对准目标，当暗红色的目标亮点压在与弹轴联动的瞄准具的"十"字线中心时，表明导引头抓到目标的声、光信号出现。"目标捕获！"我向指挥员大声报告。

"导引头开锁！""加前置量！"指挥员的口令在继续，我冷静地执行着每一项指令并报告执行结果。在我加好前置量后，"发射！"的口令传来。几乎在口令下达的同时，我迅速地用右脚踩下了发射按钮，时间是 6 点零 5 分。

轰！轰！两声巨响，发射发动机和主发动机先后点火工作，导弹窜出发射筒，飞向靶标。发动机喷出的火焰在夜空中划出一道明亮的桔黄色弧线，从阵地一直延伸到远处的靶标。

当参加试验的人员不顾劳累地奔上山头，来到阿福庙前，气喘吁吁地望着被东方出现的曙光照亮的靶板上被导弹击穿的洞孔，听到距靶心 0.568 米的实测读数时，欢呼雀跃，内心充满了胜利的喜悦。

两天后，又打了第二发导弹，也获得了成功。

急于求成 欲速不达

初战告捷，使我们产生了轻敌思想和急于求成的情绪。1979年5月，就在安徽试验5个月后，匆忙地准备了12发弹，兴冲冲地去空二基地进行工厂鉴定试验。

一到基地，试验队的全体人员就投入了紧张的工作。在与基地同志一起完成参试产品、设备的技术阵地检测和发射阵地布置的同时，硬是用双手和肩膀把靶板、卷扬机、钢索、靶标等物品一件件扛上凸起在戈壁滩上的光秃秃的山头，架挂起可升降的固定靶。

原指望试验圆满成功，不料事与愿违，打出去的导弹精度很差，大部分落在靶的下方。失败，像当头浇下一盆冷水，使我们冷静下来去思考原因，去寻找提高精度的途径。

便携式防空导弹虽小，却有着特有的复杂性和难度，而我们恰恰低估和忽视了这一点。当大家定下心来认真总结检查之后，才发现我们对很多技术问题并没有真正吃透，对小弹的规律也没有完全掌握。经过发掘，产品性能上的不足和差距大量显露，尤其较多地集中在制导系统。例如导引头输出信号品质差、位标器陀螺转速变化大、阻尼回路性能不好、电路之间存在干扰等。

对于我们这群初搞小弹的新手来讲，发掘问题固然不易，解决问题更加艰难。每一技术问题都会涉及到设计原理是否正确、参数接口是否协调、结构布局是否合理、电缆走线是否恰当等许多方面的因素。

整整两年时间，研制人员日以继夜地战斗在绘图桌边、试验室内、计算机房、生产车间，反复地分析数据曲线、寻找失败原因，细致地检测产品，发现存在的差距，不断地探索途径，提出改进措施。功夫不负有心人，在大家的努力下，产品性能有了明显提高。

在以后两次去空二基地进行的工厂鉴定靶试中，通过了对山

头立靶、航模靶机和重霄靶弹三种靶标的射击考核。试验结果证实了 HN—5A 对于不同类型和速度的目标都有着较高的精度，但产品的可靠性仍存在很多问题。

1982 年 11 月，航天部召开会议，确认 HN—5A 通过工厂鉴定，进入国家设计定型阶段。

抓好质量 一次定型

面对工厂鉴定试验中暴露的严峻质量形势，上海航天局提出了“HN—5A 国家设计定型靶试一次通过”的质量目标，从认真处理遗留的技术问题、及时解决暴露的质量问题、加强管理工作和技术基础工作三个方面对研制线进行整顿。在抓完善设计和工艺文件、加强检验管理、清理工装模具、工人培训考核、标定设备仪表等工作的同时，组织人员对发动机烧穿、导引头跟踪稳定性较差等技术问题进一步攻关。

经过一年多的努力，研制线的面貌有了改观，设计、工艺文件渐趋完整、准确，产品的性能和质量也较前明显提高。

1984 年 11 月，航天部召开“HN—5A 设计定型批产品质量评审会”，在检查了研制线的工作和产品的质量后，批准出厂参试。

同年 12 月，试验队携带着包括 30 发装筒导弹、60 只热电池、10 具发射机构、1 辆综合测试车及全套备附件的 HN—5A 武器系统参试产品，发射架、发控台等试验设备乘专列赴空二基地。

全部产品经长途铁路运输和在基地进行的 800 千米公路运输试验后，按照试验大纲要求，在 6 个空域点上对航模靶机、重霄靶弹、长空靶机 3 种靶标进行射击。

对高远点的航模靶机迎攻射击 2 发导弹，均直接击中。

对低近点的航模靶机迎攻射击 4 发导弹，精度满足要求，其中有 2 发弹直接命中。

对远、近空域点重霄靶弹射击11发导弹，除1发精度稍差外，其余10发弹均落在以靶标红外辐射中心为圆心、1米半径的圆内，并至少有4发弹直接击中靶弹。

对长空靶机采用2发导弹齐射的方式。第一架长空靶机被前一发弹击中，在空中解体起火，后一发弹从下落机体的火焰中穿过自毁；第二架长空靶机几乎同时被两发导弹击中，靶机空中开花，燃烧坠地。

HN—5A设计定型靶场试验一次通过。

1985年1月和7月分别完成了在黑龙江塔河地区进行的寒区部队试验和在海南岛文昌县进行的热区部队试验。

1985年10月，炮兵定委办公室在江苏省扬州市召开"HN—5A设计定型工作会议"。在听取了研制方有关研制工作总结、技术文件审查、标准化审查等报告以及空军第二试训基地的飞行试验结果报告、炮兵导弹学校的部队使用报告、军代表的研制工作情况汇报后，审查了设计定型的图样和技术文件，参观了产品实物，会议认为："HN—5A的有关性能比国内同类产品有提高"，"定型装备部队，对于加强我军野战防空作战能力具有十分重要的意义"，"可以设计定型"。

根据上述情况，1986年11月炮兵定委批准HN—5A设计定型。

在完成HN—5A研制任务的岁月里，我们经受了锻炼，增长了才干，掌握了小型导弹的规律，学到了不少解决实际问题的本领。HN—5A定型后，我们这个群体一部分留下来为批量生产而繁忙，另一部分则接受了新的型号任务，继续为部队研制更先进的防空导弹而努力。

作者系上海航天局科技委常委、研究员

红旗六十一号研制的背水一战

梁 晋 才

1986年6月21日在戈壁滩上的飞行试验靶场，骄阳似火，鸡蛋埋在沙砾里都可以烘熟，阵地上没有遮荫的地方。只见试验队的队员们，个个顶着太阳，顾不得炎热的天气，细致地检查每一个设备，核对每一个数据，准备进行一次靶试。从他们紧张、严肃的表情上，可以感受到他们正经历着极为痛苦的时刻。是的，就在当天上午红旗六十一号(HQ—61)对空作战导弹武器系统的设计定型飞行试验出师不利。我作为这个型号的总设计师，更感到精神压力之巨大。我强忍痛苦的心情和大家一起分析失败的原因。检查了遥测数据，经过充分地研究和讨论，一致认为本批产品从生产质量看，对打好后面几发导弹还是有信心和把握的。这次失败属偶然原因。于是决定当天下午继续试验。这是在关键时刻的一次关键试验，它将决定我们20年来为之奋斗的一个导弹型号的命运，也是检验我们的工作成绩。成败在此一举。这一天老天爷也

似乎在考验我们，折磨我们，下午的炎热天气，连靶机都不能起飞。在这最困难、最难熬的时候，空二基地司令员、上海市经委领导、航天局领导以及离休的老干部等亲临阵地为试验队员们鼓劲。直熬到晚上八点钟，听到靶机起飞的命令，这时整个大地似乎都凝结了。想想自己多年花费心血搞出的产品几秒钟内要对它作出评价，心中紧张到难以承受的程度。远远看到一个光点逐渐逼近。这时导弹随着一声巨响拖着长长的光焰奔向目标。只见一片火光爆炸，靶机被击落了。整个试验场地一片欢腾，那种高兴的心情，思想上的慰藉，心理上的满足，是任何物质的东西不能代替的。这种欢乐是搏来的，是多少年来苦透甜来的乐。我的战友把我高高地抛起。这时使我回忆起多少年来不平凡的往事。

HQ—61号是我国第一个自行研制的中低空防空导弹武器系统，它起步于60年代中期。在“文革”中，它的总体队伍曾萎缩到了一个小组，只有10来个人，就是依靠这10几个科研人员和工人师傅的努力，顶住了来自各方面的压力，才使得这一型号未能夭折。

1976年粉碎“四人帮”后，HQ—61号的研制逐步走上正轨，加快了研制步伐，攻克了许多技术难关。科研人员十分地忘我，十分地投入。记得在解决引信难关时，许多同志每天往返四五个小时，从上海市的西南角赶到东北角，工作到深夜二三点钟是家常便饭，甚至千家万户欢庆春节的假日里，仍在试验室里进行攻关试验。

1984年，HQ—61号攻关批进入基地，国庆节试验队员是在火车上度过的。在这之前的1982年，HQ—61号几发导弹试验受挫。这次进场试验队承受着巨大的压力，万一再打不成功，HQ—61号的命运就难以预测了。这一仗无疑是背水一战。结果打得非常漂亮，HQ—61号以两发两中的佳绩扭转命运，从而奠定了HQ—61号设计定型的基础。

1986年的HQ—61号陆定批和海定批的定型批靶试更是惊

心动魄的背水一战。就在 6 月 21 日那个永远难忘的日子过后几天，HQ—61 号又进行两次靶试，以连发连中的战绩圆满地完成陆定批试验。

接着，试验队从西北的千里戈壁滩转战到东北的万顷波涛大海进行海定批靶试。这又是一次背水一战，在先两发未中的被动局面下，后几发干净利索、发发命中。

这两个型号完成了生产，装备了部队，为我国国防增添了力量。

1991 年，海军南海实弹演习一战，对 HQ—61 号来说也是背水一战。海军决定只打一发，要求必须把靶机击落。检阅这次军事演习的都是我军各方面的高级将领。HQ—61 号果然不负众望，一发命中靶机，为演习圆满成功作出重大贡献。据介绍，那次所有参加检阅的武器装备中，HQ—61 号对空拦截靶机可以说是最为壮观的了，某导弹护卫舰的官兵为此受到了通令嘉奖并荣立集体三等功。

当年根据形势的需要，国家要求研制出一个改型的对空作战武器。因为时间紧迫要求必须在三年多一点时间完成设计、生产，并通过鉴定性飞行试验，而且经费有限，不能超支。设计师们感到在各种条件约束下要完成这个任务确实有很大难度。但这是国家下达的任务，由不得去考虑个人的得失。我们根据过去多年研制型号的经验，一起从总体到每一个分系统非常仔细地研制确定每一个系统的可行的技术方案，力求最大限度地利用已经过试验证明成功的部分，妥善处理好继承和采用新技术的关系。所有必须采用新的技术方案必须经过严格的一步一步的试验程序。因为这个型号有各种限制因素，不允许飞行试验有任何反复。“不成功，即告终”是严酷的客观现实。另外由于经费少、时间短，在研制程序上也必须对常规程序有所突破。我们科学地也是大胆地决定，利用理论计算分析和仿真试验手段，跨越了两个常规要进行的飞行试验阶

段，使飞行试验的次数减到最低限度。按照上述的指导思想，由于全体人员的努力，本着严谨务实的精神，埋头苦干、踏实的工作作风，于三年多一点时间按期完成了任务。

1993年末在某海军试验基地，HQ—61号的改进型又一次面临背水一战的局面。新设计研制的HQ—61号丙导弹经过较大技术改进后，跨越两个研制阶段，直接进入设计鉴定飞行试验，无疑又要冒很大的风险。

HQ—61号丙很争气，首发命中靶机，旗开得胜，使士气大振。第二发定于三天后发射。这一发已不是打以往金属反射面很大的靶机，而是直接打直径20厘米、长2米多的活动拖靶，难度相当高。该活动靶标是一项科研新成果，希望HQ—61号丙能拦截这样的靶标。

那天，大海似乎也在给HQ—61号丙施加压力。靶试前一天的晚上，海上的大风呼呼地刮个不停，海风掀起海浪汹涌澎湃，试验队和军方的领导都在担忧：如此恶劣的天气，明天到底打不打？最后商议下来，一致决定：打。基地司令员说，如果风浪大，军舰离岸困难，就将某舰拖到海上发射位置。飞行团长也表示，困难再大，也要将飞机飞上天。

打靶那天，老天爷果然不帮忙。据测定，当时已是六级海情的恶劣天气，风速达到每秒14米，侧风每秒17米，而靶试的要求是风速不能大于每秒10米。下午一点钟起做好了一切发射前的准备工作，但飞机却不能起飞。到了下午三点，飞机强行起飞，长达5千米的一根钢丝绳拖着拖靶。

紧张的时刻来到了。当发射进入倒计时，10秒钟内靶标的航路仍未满足发射条件，引航员此时以他最大的努力，终于在数秒钟内勉强使靶标达到射击条件。仅仅在3秒钟内，HQ—61号丙抓住了有利时机，很快捕捉到目标，一举将靶标击碎。

打得太漂亮了。基地指战员说，从来未看到过性能如此良好的

导弹,这是基地几十年来最精彩的一次靶试。

鉴定性飞行试验取得了圆满成功。其研制周期之短、经费之少是我国型号研制历史上少有的,开创了一个特殊条件下的研制范例。我们的经验是虽然跨越了研制阶段,这只是形式上的跨越,我们仍然抱着科学态度,遵循客观事物发展规律,丝毫不敢有侥幸的心理。短期内取得如此突出成绩,是我们多年来科学经验的结晶。研制这个型号的另一个成绩,就是大胆选用了国内尚未使用过的超小型飞行靶标。使用这类靶标,可以大大节约经费,操作上也易于实施,为今后开辟了一个新途径。

背水一战的HQ—61号终于有了最辉煌的一页。HQ—61号的每一次成功都来之不易,它浸透了这支队伍的心血和汗水。作为我国第一个自行设计研制的中低空防空导弹,30年来整整两代人为之奉献了青春年华。在这支队伍里,有的已经长眠九泉,有的已经退休在家,有的虽然年近花甲,但仍在为HQ—61号的成功而拼搏,留下了许多感人肺腑、催人泪下的生动事迹。

HQ—61号的成功也离不开海军、炮兵各级领导和试验基地的大力支持。如果没有他们的鼎力相助,HQ—61号也就没有今天的胜利。每当红HQ—61号遇到挫折时,领导就会亲赴阵地,给试验队员以安慰和鼓励,同时为试验队的再次靶试提供无私的帮助,可以说是到了有求必应、休戚与共的地步。再有HQ—61号的驻厂军代表,帮助厂方严把质量关,与厂方一起排故攻关,为确保HQ—61号的成功立下了汗马功劳。

1995年10月,HQ—61号在北方某海域的军事演习中又有出色的表现。中央军委主席江泽民,副主席刘华清、张震、张万年、迟浩田等军委领导观看了这次军事演习,这在海军史上还是第一次。其演习科目也是HQ—61号史上前所未有的"两发齐射"。HQ—61号果然不负众望,两发弹(相隔三秒钟)点火出镗后,几乎如蛟龙出海,直扑靶标,只见5.5千米外的海空中燃起了两团火光。漂

亮的靶试赢得了中央军委领导的连连称赞。还须说明的是，齐射的首发HQ—61号导弹，是1984年研制生产的产品，至今已有10年了。历经10年，HQ—61号还有相当好的性能，说明该产品的高质量和高可靠性。事实证明，30年来的风风雨雨已使HQ—61号无论在设计和研制上，均已走向成熟。

作者系上海航天局技术顾问，中科院院士

飞航导弹事业腾飞散记

王祖全

1960年5月，我由上海民用工厂调到国防部第五研究院一分院四部，从此跨入了飞航导弹事业的门槛。五院干部部史副部长告知，这次调动是上海市委书记柯庆施应聂荣臻元帅之请，从上海调出100名科技人员充实五院的，人员职务的安排是钱学森副院长用一个晚上的时间亲自制定的。对此，我内心怀着光荣感，但也不免有力不胜任之虑。

就我来说，从地方工厂调到导弹研究院是人生道路的一个重大转折，顿时感受到党对知识分子的信任和关怀。1960年秋，聂荣臻元帅接见一批从事导弹研制的科技人员，我荣幸地参加了接见和合影，并聆听了他的讲话，这是我生平第一次见到中央领导人，令我心情激奋，此种景象至今历历在目，难以忘怀。1961年7月17日聂帅在人民大会堂五院干部大会上作报告时，我被领导安排在较为优越的座位，真切地听他阐述出成果出人才、红与专统一、科学技术

中的百花齐放和百家争鸣、科学为社会主义建设服务和理论联系实际、技术民主和技术责任制、敢想敢说敢干和严肃严格严密相结合的科研作风等等著名论点，使我茅塞顿开，感到党的领导是贴近的、直接的，不像以前想象的那样遥远和抽象了。1965 年，我被邀请参加周总理、陆定一副总理举行的国庆招待会，同五院王诤副院长同桌就餐。这是又一次感受到党的亲切关怀和鼓舞。1990 年 12 月 19 日，江泽民总书记和杨尚昆主席接见两师会议代表并合影，我以"鹰击八号"副总设计师参加了接见，视为殊荣。合影后，江总书记作了即席讲话，希望我们大力协同，集中力量打歼灭战，自力更生，艰苦奋斗，无私奉献。这些话至今记忆犹新。这次江总书记接见航天科技人员，使我联想起 1981 年 11 月 3 日胡耀邦总书记在海军试验基地视察"鹰击八号"导弹飞行试验技术准备工作的情况。从这些事例中，我亲切地感受到了党中央对航天事业的关怀和殷切期望。

飞航导弹腾飞第一声

1964 年我参加了上游一号模型弹飞行试验，这是我国飞航导弹跨出的虽属稚嫩却具有深远意义的重要一步。

遵照国防科委颁发的《上游一号模型弹飞行试验大纲》，五院、三机部和海军 23 训练基地在国防科委 20 训练基地于 1964 年 12 月 7 日和 12 日先后发射了两发上游一号模型弹。用现在的目光看，这个只飞助推段的初级性试验无足挂齿，但它却是兴师动众花了四年在技术上、物质上精心准备的一次大检阅。就第四设计部而言，它大张旗鼓地开展了"以 544 为师""吃透钻深 544"的反设计和下厂参加仿制工作，还专门研制了陆上发射架和发控台。320 厂在三机部专设总师室的调度指挥下才完成了 2 发导弹的仿制。23 基地发了长长的专列把兵力和设备千里迢迢从东北运往西北。20

基地专门建筑了发射场坪。每个单位都派出主要领导带队,23 基地为冰野副司令员、四部为吕琳主任、320 厂为四〇办公室主任何文治。各单位派出了庞大的参试阵营,其中四部挑选了 37 名技术干部乘专用车厢前往。飞行试验还附加了一些诸如导弹轨上运动参数有线测量、导弹离轨下沉度和测偏模拟测量、生物环境影响鉴定等。试验的组织十分精心,各单位之间融洽团结,结果是圆满的。

虽然冬天大戈壁上寒风凛冽,我能觉察出所有参试人员心态热烈、情绪高涨,我国制造的飞航导弹发出的开天辟地第一声,要从我们这一代人发出来了,怎么能不令人欢欣鼓舞!这个伴随金色火焰喷射托起导弹飞翔的第一声,载着国家和军队的殷切期望,标志着一如蹒跚学步的孩提必将成人一样,必将肩负起国防现代化的重任。

励志创业攻下海鹰二号

1965 年 1 月 1 日是飞航导弹总体设计部(四部)隶属七机部第三研究院(改称三部)的日子,同时三院建制为型号研究院。但是,423 会议(海鹰一号导弹武器系统方案论证会议)并未给三院送来积极的因素,只赋予三院"抓总"名义,而"主战场"另定他厂。我作为机关工作人员目睹了前因后果,理解到领导同志为偌大一个三院竟难有用武之地而忧虑的心情以及决定立刻研制 3QD—51 导弹用以"起家"的宏愿。不到半年,七机部于 1965 年 9 月 6 日召开型号技术方案会议,命名为海鹰二号,列入国家计划。从此,领导和群众相结合铺设了三院飞航导弹研制的道路,也造就了今后开拓和发展的一个个新机会。

海鹰二号研制正处在"文革"时期,虽局面很不安定,但广大科技人员、工人和干部志气不改,仍以奋发的精神推动研制工作的不断进展。海鹰二号从 1968 年 9 月至 1969 年 10 月取得了 4 发 4 中

的好成绩;从1969年8月至1970年3月的设计定型试验以7发6中的好成绩准予定型。我随同科技人员参加了大多数试验,奔走于基地2号、51号阵地之间,克服了各种困难,体验了创业成功的艰辛。

与此同时,鉴于海鹰一号导弹飞行试验成功率低,故障叠起,处境困难,七机部责成三院履行“抓总”之责,发扬大力协同精神,送资料,提建议,主持4次故障分析会,出谋划策,尽帮促之谊,直至1970年下半年海鹰一号取得飞行试验成功。

以上型号研制经历表明三院技术工作的成功,励志精神和自力更生创业方针的胜利。

鹰击八号导弹崭露头角

鹰击八号导弹是三院越过老型号的窠臼自行研制的新一代飞航导弹,国外报刊称之为“中国的飞鱼”,我国海军称它“玲珑一代”。1984年10月1日,由鹰击八号导弹组成的海军导弹方队之一参加了国庆阅兵,为举世瞩目。

鹰击八号导弹武器系统的研制,始终贯穿了“自力更生,艰苦奋斗,大力协同,无私奉献,严谨务实,勇于攀登”的航天传统精神。广大科技人员、工人、干部在党的领导下,在重重困难面前顽强拼搏,走过了崎岖曲折的研制道路,谱写了飞航导弹值得称颂的光辉历史。我从鹰击八号副总设计师的日常工作中亲历了它步履维艰的路程,见到了研制人员锲而不舍的事业心,尝尽了逆境时的苦涩,享受到成功的喜悦,也深刻体会到党的关怀、鼓励和支持。

鹰击八号导弹从预研“小导弹”集众家科技力量突破巡航固体火箭发动机技术关键开始,到全盘设计立足于独立自主的方针,堪称自力更生的典范。它的长处在于总体设计思想是开放的,不受老条框的桎梏,而是瞄准当时世界上先进的榜样,东西方技术兼收并

蓄，充分应用新研究成果，开创出我国新一代小型化，多用途，超低空突防，高命中精度，使用方便可靠的飞航导弹。鹰击八号导弹采用了新颖布局，固体动力装置，单平面制导具有“四抗”功能单脉冲末制导雷达，配有无线电高度表的新型自动驾驶仪，半穿甲爆破式战斗部和接触延时引信，箱式上吊挂和±30°扇面角发射等等，足以表明设计师们勇于赶上世界先进水平的雄心壮志。

说到鹰击八号的研制，不免勾起我一些美好的令人鼓舞的回忆。首先是对人的怀念，这个为同一目的并肩战斗了十年有余的鹰击八号队伍是一个团结协作，同心同德，有事共商，有难同当，互尊互谅互让，充满同志感情的战斗集体，行政指挥系统和设计师系统习惯于用磋商说理，相互支持，按客观需要办事的态度相处，彼此从未发生过颐指气使的事情。设计师系统在研制领域起着中坚的、凝聚力的作用，在各项技术上容易产生意见分歧的场合总是能平心静气地、充分发扬民主地磋商，尊重高一级设计师，本着贯彻技术责任制作出的技术决定，特别在工作处于逆境容易各执己见，乖戾分争的时候，仍能如此。譬如，飞行试验受到挫折，责难之声和流言蜚语四起之时，试验队队员一般都能强压心头委屈，忍耐巨大的精神压力，冷静从事，不埋怨，不推诿，而以积极的，科学的态度，切磋琢磨，刻意寻找症结所在和前进的方向。

回想起来，鹰击八号导弹成长经过了多少艰难险阻，阅历了多少人间关卡，先是强五鱼雷机挂空舰弹未果，旋即改为舰舰弹作试验至正式装备24型艇，几经周折，历时4年才走完了立法程序。鹰击八号研制和设计定型试验是研制工作丰富多彩却也是曲折多难的写照。从1978年12月至1987年9月共实施了分别从陆上、24艇、33G艇、053H2舰上发射的各种类型导弹共35发，历时9年。我参加了所有这些试验的领导组，工作面广泛，教训深刻，感触良多。在最终设计定型试验前的27发试验弹中有16发情况是良好的，达到或基本达到试验大纲规定的要求和目的，有11发结果不

好，出现多种严重的故障。对好的结果上下都高兴，因为实践是检验设计正确性的惟一标准，验证了设计也就坚定了信心，鼓舞了士气，使研制计划有了根据，这无疑在研制工作中是头等重要的事。自然，对不好的结果上下都会懊丧和失望。围绕鹰击八号飞行试验结果，人们的情绪就这样波澜起伏。1984 年 11 月首次定型试验由于开头 3 发导弹中 2 发失败而宣告试验中止，这消息无异于一声惊雷。于是，易生院长现场表态采用久拖不决的小舵机一级控制方案，随即开展了大规模的隐患因素普查，故障分析和周到全面的振动试验，由此作出技术决策，采取改进软件和硬件的断然措施。这些改进措施在 33G 艇上发射的研制性飞行试验后 2 发弹上验证成功。

“梅花香自苦寒来”。经过上述严谨务实，一丝不苟，周到细致的艰巨工作，鹰击八号终于获得了 1985 年 9 月 1 日至 28 日实施的设计定型试验的圆满成功。6 发导弹按照试验大纲设定的最小射程、远程、大扇面角、战斗弹、双发齐射等战术技术指标飞行，结果全部以极小散布区直接命中多种靶标，其中 1 发战斗弹将靶舰击沉。参试人员无不欢呼雀跃，激动之情溢于言表。国防科工委、航天工业部、海军向三院致贺电，表示热烈祝贺和亲切慰问；海军还决定第 7 枚导弹免试。海军装技部的简报称：这是海军战术导弹研制工作史上最成功的一次试验。这次试验成功大大增强了人民海军的实战能力，大长了中国人的志气。继之而来的鹰击八号设计定型会议，以其规模宏大、内容丰富以及海定委成员全都光临和海定委同时现场开全委会同意设计定型而给我以难忘的记忆。1988 年国家授予“鹰击八号反舰导弹”科技进步特等奖。我认为，这些都是对鹰击八号研制人员多年艰苦奋斗和辛勤劳动的报偿和所作贡献的认可，我为此而感到无尚的光荣。

飞航导弹的艰难曲折道路

我亲眼目睹三院的飞航导弹在35年内已得到了无与伦比的进步，与当年Ⅰ-15反设计相比真有天壤之别了。现在，三院型号辈出，从海鹰二号低空超声速导弹，鹰击六号到鹰击八号发展成了各个系列，组成了各个独立的家族；发射基座有陆地车载、多型舰艇载和飞机载，蔚为大观。这些飞航导弹，大多已经装备我国海军形成战斗力，并创造了经济效益，在国内外显了神威。三院的飞航导弹已呈现出一派腾飞的势头。然而，成果是来之不易的，道路是崎岖的，发展是曲折的。俯拾几例，略见一斑。

海鹰二号虽有老型号为基础和先驱型号可资供鉴，但异常故障如助推器不脱落、近弹、制导头失灵、掉高等仍屡次出现。参试人员在“文革”不正常科研秩序状态下，克服干扰，坚持工作，从重重困难中获取成功。

低空超声速反舰导弹，设计无先例可循，面对的是新的技术难题，在20发研制性飞行试验弹中，推阻力不平衡、左右助推器推力不均、冲压发动机未点火、制导系统失灵等故障叠起。对此，设计师们忧心如焚，殚精竭虑。1980年作了六项重大改进措施，1987年又作了改制导为单平面体制。原拟在1970年“比翼双飞”的低空超声速反舰导弹走过了漫长的道路，于1987年末才完成鉴定性试验。可以想象，我国第一代超声速导弹的成长是何等的艰难曲折！

鹰击八号的成绩固然很突出，它当年的挫折也是十分突出的。它3次出现，一如像原苏联电影《驯火记》中所描绘的情景，其他如“打水漂”、走抛物线弹道、一二级不分离等都是怵目惊心、令人愕然的，尤其听到那不友善的讥笑真使我愧愤交加但又催人奋发。我深刻体会到，在“顺利”表面下掩盖的技术问题是不以人们的主观愿望而迟早要蹦出来的。显然，导弹是作战武器，容不得半点不稳

定因素，不许可留有任何隐患。因此，导弹研制的艰巨性可算得上是一个客观存在的规律。我们的前途别无选择，只有抖擞精神，排除万难，去争取胜利。

飞航导弹研制的艰巨性教我悟出了一个道理：导弹研制工作不会一帆风顺，也没有捷径，而是布满了艰难险阻。因此，一切能够轻易取胜的心理必须扫除干净，而代之以任重道远的抱负，迎难而上的气概，严肃认真、周到细致的科研作风，全身心投入的奉献精神。

作者系鹰击八号副总设计师，三院三部原科技委主任

海鹰二号红外导弹武器系统的研制

宣 平

1971年8月，结束了近三年“五·七”干校的生活，终于回到了北京，回到了我的原单位——七机部三院第三设计部总体室，并且官复原职地担任总体设计室副主任。设计部主管技术工作的曹柏桢副主任在我回来之前就已找军管组组长王日升同志询问“宣平是否能搞型号?”我们把导弹武器系统简称为型号。王日升同志给了曹副主任一个肯定的答复。在几位室领导分工时，因我母亲还未“解放”，我很自觉地选择了海鹰二号导弹武器系统(简称海二)设计定型的收尾工作。海二即是世界闻名的“蚕式”导弹，是在著名航天专家梁守槃副院长亲自领导下，憋着一股子劲在“文化大革命”动乱的艰难复杂的环境下，在短短不到五年(1965年8月至1970年3月)的时间里研制了11发海二导弹，在飞行试验中有10发成功地命中靶标，完成了设计定型工作。我接受的设计定型收尾工作包括图纸资料三化(标准化、国产化和革命

化)、海二的环境试验及生产定型。因工作量不大,只留下一个工程组来完成。我刚接手这项收尾工作时,发生了“九一三”林彪事件,形势发生了很大变化。1972年起出现了严重的半无政府主义状态,一些大的科研生产任务难以顺利开展,很多同志由于没有任务而闲置。此时的我,自“文革”以来,我的情绪低落,没有了往日的欢乐和干劲,加之五年没有接触科研工作,业务荒废。可是我们的第八工程组(简称八组,后来戏称老八队)的同志却不然,他们对“文革”采取了若无其事的态度,兢兢业业地准备着海鹰二号的改型工作。他们的情绪和态度深深地感染了我。我责问自己,怎么就经不起这么点挫折呢?相比很多同志来讲,我应该是幸运者,怎么可以消沉、沦落呢?老八队中有一些同志参加过海二的研制,帮助我熟悉业务工作,我逐渐振奋起来。

收尾工作和改型工作同时并进,兵分两路穿插进行。

收尾工作中主要一项是进行海鹰二号全武器系统高、低温和高湿度试验,由于条件限制,我们只能利用自然条件在东北地区做低温试验,高温高湿试验就在海南岛最南最湿热的地方进行。当时处于“半无政府状态”,所以工作也就在“半官方”领导、半自发地依靠设计人员和工人老师傅、海军军人等方面的积极性和自觉性去完成任务。环境试验历时近三年,设计人员自己联系火车车皮,自己押运,长途铁路运输,设计人员就“下榻”在闷罐车厢内,吃喝拉撒全在平板货运车上,冬天天气在摄氏零下三十多度,酷暑也是三十八九度,真是够受的。尤其是在海上运输时,南海的浪涌将运弹的登陆艇高高举起,突然又将它抛入低谷,多数人员躺在床上不吃不喝不能动。曾遇到十二级海浪,甲板被挤压得咯咯作响,不能继续行驶,只能停泊在海面上等待风浪自然过去。导弹在发射架上以值班状态矗立着,7月底高温高湿是理想的试验环境,在太阳的直射下,弹体表面温度高达七八十度,舱内温度也很高,日落后,立即把导弹运回坑道内做弹上设备的性能测试。由于湿度太大,结下的

露水使电气设备短路而烧毁。试验进行一年后，有些设备和电缆因受到海上盐雾的侵蚀而发霉。根据这次试验的结果，我们对导弹系统提出了不少的改进意见，并将导弹运回总装厂检修后在海军试验基地进行飞行试验，飞行中出现了一个"可笑"的故障：导弹起飞后助推器未按时脱落，但意外地导弹带着助推器一块命中了目标，环境试验就此胜利结束。这一问题迫使我们对以往出厂的全部导弹进行了检查和维修。在长达近两年的试验中，我们参试队伍也受到了"高温、高湿"试验。当时的海南岛还是个未开垦的"处女地"，交通不方便，不是乘公用长途车，就是搭乘卡车，海南的红土路使我们下车时都变成了红脸关公，红脸上还流淌着一条条的汗水，大家互相指着对方大笑。伙食的选择更有限：空心菜、苦瓜和花生米。住在军营，半尺长的蜈蚣自由进出，厕所在野外，蛇蝎穿行而过，人手一根长棍进行自我防卫。但海南岛美丽的热带自然风光、高耸的椰子树、英雄树和面包树，爬满了旱蚂蟥的橡胶树林，五指山艰险的山路、清澜港碧蓝的海水，还有海里白色的、粉红色的海石花以及海边各色各样的贝壳，黎族人民的部族生活，包括我们曾经历过的艰苦生活，无不给我们留下美好的、充实的和惬意的回忆。

在海二环境试验的间隙，我们还加紧进行海二的改型工作，主要任务是将海二的末制导无线电雷达改为红外末制导雷达，其必要性在第四次中东战争中得到了证实。在第三次中东战争中，埃及海军舰艇于 1967 年 10 月发射了 6 枚"冥河"舰对舰导弹，击沉了以色列驱逐舰"埃拉特"号，首创了导弹击沉军舰的纪录。但是在 1973 年 10 月的第四次中东战争中，以色列采用电子对抗，发射了箔条火箭等方法干扰"冥河"导弹的无线电设备，致使埃及、叙利亚发射的几十发"冥河"导弹无一命中。

埃、以战争之后，海军方面强烈要求我们在设计导弹武器系统时一定要具备抗干扰的能力。海二采用红外末制导(简称红外头)是抗电子干扰的措施之一。没有现成的红外头供海二使用，承担研

制海二红外头的是我院在天津的 8358 所，该所钟任华副所长是一位著名的红外技术专家，他带领着一批年轻的精兵强将，而且该所科研生产秩序正常，这对于身在北京处于“半瘫痪”环境的我们感到惭愧，同时又是一种激励和鞭策。

早在 1965 年 7 月份开展海二研制的时候，第三设计部就已向 8358 所提出了“红外末制导装置”课题任务书。经过摸索，8358 所做出了以硫化铅(PbS)元件为探测器的红外头样机，1969 年的海上试验否定了这一方案。1970 年重新开始以光伏型锑化铟(InSb)元件为探测器的红外头方案设计，并做出了样机，经过海上试验表明，其性能达到了规定的技术指标。在此基础上，着手准备将红外头装到海二导弹上进行飞行试验的工作。1974 年 5 月在三院计划部吴之桢部长和林景亮处长的具体领导下，下决心、费大力组织了一个四五十人的技术队伍到天津 8358 所做红外头与弹上、地面各系统性能协调与结构协调的联合试验(简称联试)。我们这支试验队是领导组织来的，同时也都是一些不甘心“无政府状态”、想干点事业的。我们认识到这次试验的重要性，通过试验，红外头将在飞行试验中进行原理性的验证，以证明红外头可以用于反舰导弹的制导系统。所以在两个月的试验中，我们兢兢业业，群策群力，团结协作，为攻克每一项难题而努力。工作苦中取乐，住的条件差，有时睡骡马店，十个人一张大床，有时睡澡堂，在街上直等到晚上八点多钟才能进去，早上六点前必须离开。在这次试验中发现了不少问题，也共同解决了很多难题，试验结果令人满意，而且激起大家更高的工作热情。第二年在北京做第二次联试更接近于导弹飞行状态，其中为了部队使用方便和降低使用成本，将锑化铟器件的制冷介质由液氮改为空气，经过多次试验证明可行。联试之后，又经过对红外头的验收，我们带着各自设计的图纸到导弹总装厂开始 3 发红外弹的生产与装配。工厂的生产秩序虽不正常，但在沈世绵厂长和院机关冯学伦同志带动下，工人师傅们按计划于 1975 年第四

季度完成了3发红外弹的生产任务，并运往海军试验基地，要求在海水封冻之前完成飞行试验。钟任华所长和我为技术负责人，我们相互尊重，认真负责，以任务为重，从不扯皮。我们与海军试验基地的同志交往几年，共同探讨，也很融洽。我们想通过这次飞行试验证明反舰导弹可以采用红外末制导。这也是对我们几年来工作的考核，所以我们的心情始终很紧张。第一发导弹在发射阵地检查时，发现了故障，发射架离海边只有几米远，设计员和海军基地的同志有的骑在弹上，有的在弹的周围，在摄氏零下二三十度的气温下排故障，手冻僵了拿不住工具，鼻涕流下来结成冰，夜幕降临，海风呼啸，在手电筒微弱的亮光下继续排故障。多数同志在简易的民房里和衣过夜。故障排除完毕后，于凌晨六时召开了现场会，研究是否可以发射第一发红外弹。因院领导不在现场，我与几位设计员商量后代表三院大胆地表态"同意发射"。这是我一生中第一次使用这么大的权利，一发遥测红外弹值70多万元，幸运的是这一发弹按试验要求飞完了全程。这次飞行试验取得了三发弹二发飞行成功的好成绩。第三发导弹未能捕获目标，这一失败提醒我们不要因胜利冲昏了头脑，要冷静地找问题，改进红外末制导头的设计。三院为我们召开了表彰大会，还戴了大红花。

1977年夏天进行了改型的海鹰二号第二次研制性飞行试验，仍是三发弹，但来得很不容易。从1975年到1977年夏发生了几件大事，敬爱的周总理逝世，我们哭总理，为国家前途忧虑；发生天安门事件，不少正直的人受到清查和迫害；唐山大地震，北京长时间搞防震。我个人遇到很大的不幸，我唯一的亲人、我的母亲受尽"四人帮"迫害后，离开了我们。我的心情很坏，身体不好。总体部的领导和同志一方面安慰我，一方面希望我回京抓三发弹的总装和出厂测试。在各方面的努力下，我们带着三发红外弹于1977年夏天进入了海军试验基地。我们全身心地投入工作，又一次取得了胜利。这次试验又是前两发弹成功地命中靶船，第三发出现了故障。

在后来的故障分析中，结合1975年飞行试验中第三发弹的失败，我们终于查出了故障的真正原因，为后来的定型试验成功奠定了基础。三院为我们第二次成功开了庆功会，给同志们又一次戴了大红花。

1980年，我们试验队带着七发海鹰二号红外弹奔赴试验基地进行设计定型飞行试验。按照经批准的飞行试验大纲规定，如果七发弹有五发命中靶船，则认为定型试验成功。进靶场时，我们着短袖衬衣，定型成功回北京时都穿上了羊皮大衣，历时103天。按大纲，七发弹根据不同的试验射程，安排在不同的发射场地发射。虽然我们觉得成功是有把握的，但我们不敢有丝毫懈怠。第一发弹起飞后飞行得很漂亮，靶船在海上按要求航行，但在红外头开始工作时，导弹突然大转弯，未能和靶船相遇，出师不利。大家回到宿舍后一方面查资料、跑电路，另一方面查遥测数据，直到第二天上午实测发射架电路后，确认了故障来自发射架电路设计错误（后来对已出厂的50套发射架的错误进行了修改，免遭不少损失）。经此挫折，我仍充满信心地准备余下的六发弹试验。功夫不负有心人，除一发弹由于高度表故障导致失败外，其余五发弹都飞得很好，均符合大纲的要求。有时飞行试验安排在晚上，导弹上安装着点燃的曳光弹，就像仙女提着灯笼在海上飘飞，我们带着紧张和胜利的心情欣赏这一美丽的夜景。而最后的一发弹创造了令我们欣喜的奇迹，它在检测时发现的故障最多，但它直接打翻了靶船，为我们的定型试验划上了圆满的句号。至此，从1975年至1980年的6年中，我们完成了十三发海鹰二号红外弹的研制和飞行试验，为国防建设做了一点贡献，为从事航天事业的科技人员增添了一点光彩。要问我们为什么在“文革”动乱中，在知识分子被称为“臭老九”的压抑下，还要千方百计努力去工作，我们想的是，尽管“四人帮”祸国殃民，但国家归根到底是人民的，我们是为了国家和人民而去奉献。

1985年,"海鹰二号武器系统改型"第一批获得了国家科技进步一等奖。

作者系航天工业总公司科技委秘书长、研究员

C101 导弹研制中的几件事

沈 世 绵

我曾亲自参加一种新型的超声速超低空反舰飞航导弹(代号C101)的研制工作。它带有冲压发动机和自燃增压系统,具有突防能力强,体积小,威力大,燃料价廉安全,发射设备简单等特点。这个型号从研制立项到完成装艇的鉴定性飞行试验,经历了20多年。但其指标和性能至今仍居世界先进水平。可见我们航天系统技术决策层的远见卓识和高科技创造群体的非凡才华。这是中国国防科技界的骄傲!

时光飞逝,往事却仍历历在目。下面追忆C101导弹研制过程中的几件事,借以纪念中华人民共和国成立50周年。

化 繁 求 简

C101导弹的末制导雷达属主动式单脉冲体制,原来采用双平面制导方式,即对飞行高度和方向均予以控制。1984年之前进行过三枚导

弹试验，但其中有两枚出现雷达工作不正常现象，高度表时有故障；末制导雷达的回调角不易调准，存在盲区，精度也较差。后经过两年努力，提高了末制导雷达的耐振性能，又先后进行五枚导弹试验，略显成效。其中有一枚通过目标区。但总的说，上述八枚导弹只有一枚是成功的。

为了提高导弹命中率，研制人员进行了半年多反复研究。大家认为，制导方式需要更改。同时，只有进一步降低飞行高度才能充分体现单平面制导的优势。当然，也有人担心超低空飞行时导弹会受到气动力海面反射的不良影响。最后，在梁守槃副院长的指导下，我们决定把导弹平飞高度从 300 米降到几十米，末段飞行高度只有几米，真正实施单平面制导的超低空攻击。1987 年以此方案试验的四枚自导弹，直接命中两枚，成功率一下子从原来的 13% 上升为 50%。实践表明不必担心低飞受海面反射的影响。在其后的艇载 C101 导弹鉴定性飞行试验中取得了三枚两中的好成绩。这个事例既表明三院研制群体的聪明和胆略，也证明了“越简单越可靠”这一朴素的技术原理。

天有不测风云

C101 导弹试验成功之后，根据海军和国防科工委的计划安排，三院从 1989 年开始研制艇载 C101 导弹武器系统。导弹要从艇上发射，首当其冲就必须确认艇上人员和装备的安全性。由于 C101 发射方向与舰艇航向一致，大家对指挥舱及其他部位人员的安全担心。为了解除顾虑，确保安全，决定进行艇载 C101 助推弹系泊飞行试验。

1990 年 12 月 21 日上午，天气预报为阴天，海面正涨潮。参试的舰艇系泊于防波堤内。军事医学科学研究院的同志们从北京送来的狗和荷兰猪等试验用小动物，个个活蹦乱跳。它们被放置在舰

艇预定的舱内。10时左右，发射准备就绪，参试人员也都到达港口。突然，纷纷扬扬的鹅毛大雪铺天盖地地飘落下来。能见度骤然下降，10米远就什么也看不着了。在指挥塔中，基地的王惠悫司令员焦急地问我："今天打不打？"我说："打！"我想，做一次发射准备工作不容易。当时已进入隆冬季节，如果就此罢兵，当年就完不成任务了，如果等待雪停，潮水一落，防波堤将挡住导弹的去路。况且，等待时间一长，好不容易弄到手的小动物还可能冻死。再说，试验准备工作是充分的，天不作美不至于影响本次试验达到预期目标。过了一会儿，大雪依然没有停止的迹象。王司令员再次问我："打不打？"我还是坚定地回答："打！"决心就这样下定了。发射命令下达后，经过预定程序，一声巨响，导弹冲出发射箱，越过防波堤，奔向白茫茫的海空。

飞行试验表明，导弹发射、离箱及助推段飞行均正常；导弹稳流场与噪声对艇面及各舱室无危害，发射箱正常；舱内动物无任何病变和损伤；各舱室噪声量级符合国家军用标准有关规定，舱室内只要使用护耳器材就能保证导弹发射对艇上人员不造成危害。试验获得了圆满成功。这样就消除了大家对安全性的顾虑，为随后的艇上发射试验奠定了基础。

事后，王司令员感慨地说，这可是基地第一次在暴雪中打靶，创了奇迹。这场雪下了足足两个多小时。返回住地沿途积雪深达一尺多，连车辆行进都颇感困难。我们回到住地已经是下午4点多。同志们是上午7点吃的早餐，为了争取试验成功，极力抵御着饥饿，整整坚持了九个多钟头。而我更为当机立断经受了精神上的煎熬。这也许就是航天人苦乐之所在。

一 箭 双 雕

C101导弹由于超低空超声速飞行时气动加热，其铝合金舱外

表面温度可达 200 多度；飞行后，舱内环境温度逐渐升高。为保证雷达、自动驾驶仪等仪器工作正常，我们试用隔热材料涂敷或粘贴在仪器舱口盖内壁。这样，导弹飞行中的舱内环境温度符合设计要求，可见隔热效果明显。

1992 年，艇载 C101 导弹鉴定飞行时，其自动频率微调及自然增益控制电压变化值都不稳定，未能满足设计文件要求，反复调试未见好转。无意中，我发现雷达舱口盖内壁没有像前几发导弹那样涂敷隔热材料。一查原因，才知道是某些同志担心隔热材料脱落而未在图样上明确规定涂敷要求所致。于是，我赶紧打长途电话通知总装厂的技术人员速赴基地实施隔热材料涂敷。说来也巧，这几枚导弹涂敷隔热材料后，自动增益控制电压的变化值立即稳定下来，其摆动幅度比涂敷前减小 75%，仅为技术条件规定允许偏差范围的六分之一。随后进行的鉴定飞行试验取得了成功。大家经过分析认为，隔热涂层除发挥了原有隔热效应外，还对雷达漏场产生的高频电磁波起散射作用，使自然增益控制电压变化值稳定在合格范围之内。这真是一个意外的收获。事后，梁老（梁守槃院士）说："已经试验有效的措施，就不要随便放弃了。"隔热材料涂敷一事，给我们留下了有益的启示。

作者系三院科技委副主任，型号总设计师　李川生整理

鹰击八号导弹从海域飞起

丁 振 宗

鹰击八号导弹是我国自己设计的第一代全固体动力装置的海防导弹，曾获得国家科学技术进步特等奖。它的主发动机是一台固体火箭发动机，工作时间长达146秒，又是采用长尾喷管结构，系国内首创。这台主发动机，从1971年2月开始方案论证，到1987年1月完成设计定型，历时16年。其中1971年至1977年为预研阶段。今天回顾一下这个预研阶段我们是怎么走过来的，也许对航天导弹事业的后来人有些启示。

鹰击八号导弹研制过程和大多数导弹一样，也是由动力装置先行的。长时间工作、长尾喷管结构的主发动机研制成功，是制定全弹技术方案的基础，也是全弹性能先进的条件。没有这个主发动机的研制成功，就不会有整个导弹的成功。主发动机的预研成果荣获1978年“全国科学大会”奖。

自1971年论证工作开始，相继参加鹰击八

号导弹主发动机研制工作的常敬基、郑炳森、周大民、程汉杰，我们几个人，现在年纪都近 60 岁，将要陆续退休了。1965 年国防部五院成立时，我们都刚 20 来岁，分别在“北航”“南航”和“军工”等几所设有火箭专业的高等院校学习。过去的 40 年，也是我们这几个人学习和从事火箭技术研究工作的 40 年。

鹰击八号导弹是我们三院刚走完仿制阶段，开始自行研制与设计的第一个飞航式导弹武器。其主要性能与国际上同类型的先进导弹——法国的飞鱼导弹是相接近的。它的“六发六中”的定型飞行试验成绩，是我国海防导弹研制史上成功的范例。

在 1971 年至 1977 年开展预研工作的几年中，取得了一些成绩，我们几个人立过功，并多次被评为先进科技工作者。《解放军报》还简要报道了我们一个同志的事迹。1975 年国庆节前夕，我们组的郑炳森同志代表我们光荣地出席了周总理委托邓小平副总理主持召开的国庆招待会。这是他和我们全组同志的光荣，这给予我们极大的鼓舞，也是对我们工作的极大鞭策！

我们只不过是做了一点应该做的工作，党和人民却给了很高的荣誉。在那几年工作中，确实遇到了不少困难，我们也努力克服了这些困难。

遇到的第一个困难是，在学校我们都不是学固体火箭专业的；在以前也没有参加过固体火箭研制实践，必须从头学起。一是向书本学习。从 1971 年开始，在五六年的时间里，我们每个人都进行了认真的系统学习，凡是能找到的书刊资料，普遍浏览；关系紧密的，重点钻研。每个人都积累了二三十本技术资料和学习笔记；二是走出去，向有实践经验的同志和单位请教。为了工作和学习，我们和国内 30 多个单位建立了联系。在那几年中，他们给了我们很多宝贵的指导；三是在实践中边干边学。晚上只要不加班工作，我们都要坚持学习。通过各种方式的顽强努力，我们终于对固体火箭发动机专业知识，从不懂到懂，从懂得较少到懂得较多，从没有经验到

积累了一些经验，从外行到比较懂行。学习深入的过程也是我们的工作不断深入的过程。

遇到的另一个困难是工作条件太差了。1971年正是十年动乱的中期，不单是三院，就是整个国家的经济建设、科研生产，都遭到严重破坏。当时我们的境况是可想而知的。研制任务客观上是急需的，但不能纳入计划，物资器材得不到保证。一切要靠自己动手，土法上马。工作的第一步是生产试验发动机。没有壳体怎么办？我们找到了另一型号的助推器的废壳体，中间一锯变成两个。前、后封头也没有，我们就到有经验的工厂去学，自己搞爆炸成型。缺少模具，我们找来废钢墩，请别的单位工人师傅帮助加工。起初对爆炸成型的药量、吊高等技术问题掌握不好，我们又多次出去请教，反复试验才爆炸成功。发动机用的药柱，原来的燃速要低。低燃速装药，389厂已停产多年，我们只得去求助西安845厂。装配发动机没厂房，我们就露天干。用汽车吊装药柱时，汽车排出的燃气，可能引起火药燃烧以至爆炸，我们就用钢管连在汽车排气管上，把燃气引到较远的地方去，以减少事故发生的可能性。发动机要试验，没有试车台，我们就把发动机竖着，半截埋在地下，喷管朝上进行试验。为了防止发动机爆炸飞出，我们就用钢丝绳把它拴在附近的树上。就这样，我们克服了许多困难，使研制工作取得了初步进展。1973年10月19日，我们第一次摸底试验用的发动机试车成功，工作95秒钟。试验前一个晚上，我们每一个人紧张得通宵没睡觉；试验后，我们又高兴得一宿没睡着觉。整个研制过程中的一切工作，我们都得亲自参加。无怪乎人们说我们既是设计员，又是工艺员；既要管产品设计，又要跟班劳动；既参加产品制造，又参加产品试验。只能说这种精神是可贵的，而这种状态却是不正常的。这是当时工作条件极差而造成的结果。

那时遇到的第三个困难是个人的家庭困难。正当研制工作进入高潮时，常敬基同志的大孩子一只眼睛不幸受伤，去了好几个医

院都未能完全医好，几近失明。在这期间，除去带孩子看病外，老常始终坚持工作。1974年他爱人下放干校，三个孩子全由他一个人带，既当爸爸，又做妈妈，但他仍和我们一样坚持工作。郑炳森同志血压高，爱人在市内工作，孩子又在别处入托，一家三口，三个地方。但他从不因家庭困难而影响工作。有一次因公去西安，他知道生产等用材料，第一天乘飞机到达后，立即乘汽车赶到咸阳。第二天就取回急用的胶囊材料，并签订了有关合同。返回时，买不到卧铺车票，连硬座票也没有，他就站着回到了北京。我们有两位同志长时间夫妻两地生活，既要过问孩子，又要照顾老人，还要关心妻子。尽管那时无政府主义严重，不上班的大有人在，但我们没受这种无政府思潮影响，始终坚持工作。由于工作繁忙，而家务事又总得分心，没几年，我们的体质都不同程度地降了下来。

最后，还应指出，搞固体火箭发动机研制是有人身危险的。一是容易中毒，损害身体健康；二是容易爆炸伤人。国内外已有不少事故先例，所以当时有不少人不愿意干，也有几个好心人劝我们不要干。但是为了国防现代化，我们没把这些事儿放在心上，照样干。有一次从内蒙往回运药柱，因为没有保险箱，火车不让托运。为了早日试验，我们就自己钉了木箱，用汽车运回。发动机喷管内衬玻璃钢需要再经机械加工，当时厂房没有通风设备，粉尘污染严重，容易中毒，工人师傅和我们戴上几层口罩，照样坚持工作。发动机药柱端面需要切成漏斗形，没有机械加工条件，只能由人工用刀切，而当时我们又从没干过，搞不好就要出危险，但我们没被吓倒，摸索着与工人一块儿干。发动机试车时，需要测量外壁温度，因距离太远，用热电偶测不准，而且当时我们没有热电偶，也没有别的测温设备。为了取得这个重要数据，我们就在发动机将要熄灭时，拿着表面温度计飞跑过去直接测量，根本顾不上燃气中毒和其他危险了。

除去以上各种困难外，当时的政治形势还给我们很大的精神

压力。坚持生产、搞科研，被诬为“唯生产力论”。在林彪、“四人帮”的破坏下，无政府主义泛滥，出现了“大干不如小干，小干不如不干，不干不如捣乱”的怪现象。但是我们不随波逐流，坚持搞科研。那几年，我们不仅出满勤、干满点，还加班加点地干。虽然每个人头上都顶着一个“臭老九”的帽子，但这些都没有动摇我们坚持工作的决心和意志。

人们也许会问，是什么力量鼓舞和支持你们那样顽强地工作呢？

急人民海军之所急

搞出的武器，必须是海军所急需的。为此，我们去海军所属几个单位作了调查。

建国以来，我们的海军从小到大，有了很大的发展。但由于底子薄，我们的武器还很落后，加上“文化革命”的破坏，同先进国家相比，差距就更大了。参加调查的同志，受到海军广大指战员的热烈欢迎，海军对我们研制新型导弹很支持。他们指着30年代的苏式火炮说，最大射程也是20公里，在现代战争中，这个距离无异于拿炸药包去炸敌人碉堡。这种火炮在风平浪静时，命中率只有1～2%；在3～4级风浪中，打两千发，一发不中，连吓唬敌人的作用都起不了。已装备海军的上游型号导弹是仿苏50年代的产品，由于它的动力装置是老式的液体火箭发动机，所以在实战中使用很不方便。海军迫切要求我们研制一种命中率高、使用维护简便、战术性能比上游型号好的小型导弹。在海军机场，指战员指着国产“强五”飞机说：“这样好的飞机，如果配上先进武器，就如虎添翼。”广大指战员的迫切要求，深深地激励着我们每一个人的心，我们为海军装备的陈旧落后而着急。

特别是在1974年初，我们听了参加“西沙之战”的海军同志的

报告，深受教育。我们一方面为我军指战员英勇作战，敢于用手榴弹打敌人军舰，取得胜利而感到自豪；另一方面也为我们作为研制海防型号导弹的科研人员不能为部队提供导弹武器打击敌人而感到惭愧。“西沙之战”的动人事迹更激励了我们研制出新型导弹的决心。

经过论证，确认我们研制的新型导弹指标是先进的，但技术上难度很大。尽管有很大困难，有很大风险，我们也决心试一试，决心承担这个风险！

责无旁贷的任务

经过论证，我们要研制的固体火箭发动机工作时间很长，需要三分钟。这在当时，是个“迷人的指标”。它吸引人，但也难于达到。那时国内试验过的固体火箭最长的工作时间就是60秒钟，并且尚未成功。已经成功使用的，多数都是几秒钟。工作时间要达到三分钟的新型固体动力装置，我们能否搞得出来，人们都表示怀疑。说老实话，我们自己也没把握。1975年1月，我们的固体火箭发动机地面试验再次成功，工作时间超过200秒大关。梁守槃副院长当场表示，这已大大超过了战术技术指标要求。一位非常了解我们几个人的室主任，也风趣地赞誉我们：“真是山中无老虎，猴子称大王啊！”的确，就我们的资历、水平，不要说更大的范围，就是在三院，也确实属于“毛猴子”一类。

1971年，当方案确定后，我们几个“毛猴子”决心从头学起，自己试一试。也正因为是“毛猴子”，所以身上没有包袱，不怕丢面子，不懂就学，失败了再来。我们想到的是，我们是党和国家自己培养的第一代火箭技术专业人员，这项任务自然而然地落到我们这些人的肩上，我们不干谁干？完成这项任务，对我们来讲是责无旁贷的。

对党、对祖国的无限热爱是激励我们走自力更生之路，敢于承担这个任务的根本力量所在。

一心为了祖国富强

1971 年是“文革”中期，无政府状态正处于高潮，科研工作可以说是完全瘫痪了。我们这些受党多年教育的青年知识分子，相信党，热爱我们伟大的祖国。那时，我们虽然不知道这场政治风暴什么时候才会过去，但我们深信，正义一定会战胜邪恶，真理一定会战胜谬误。我们的信念坚定，在任何情况下，都忠于共产主义事业。我们虽然厌倦这场一拖几年的政治“龙卷风”，但也不愿意随波逐流，去搞无政府主义而虚度年华，心里总想为祖国做点有益的事情，为祖国的科学事业贡献一份力量。

这些就是鼓舞和支持我们顽强工作的动力。今天回忆起来，在那段时间里我们没有虚度年华，为祖国、为人民尽了我们应尽的力量，终于让自己研制的鹰击八号导弹从海域飞起。

作者系三院型号主任设计师

第一枚空舰导弹的诞生

路 史 光

今年是我们伟大的中华人民共和国诞生50周年。回首20年前研制第一个空舰导弹的往事,历历在目,使我久久不能忘怀。

我国地域辽阔,海岸线漫长。为了扩展防御范围,提高机动性,60年代后期,空舰导弹的研制就已提到日程。遗憾的是,那场史无前例的“文化大革命”,使刚刚起步的方案论证工作,不得不停了下来。粉碎“四人帮”后,为空舰导弹的研制创造了条件和氛围,专为导弹提供了轰六丁飞机作为导弹发射平台,并要求导弹在保证完成战术技术指标的前提下,尽量搞得快一点。于是各方面的人员又全身心地投入到该项工作中去。整个研制过程给我留下了难以磨灭的记忆,其协作单位之多,试验规模之大,在飞航导弹研制史上也可以说是“史无前例”的。

经过周密的方案论证,确定采用已有型号的外型及其动力系统进行挖潜,而控制系统则重新设计。这样,仅进行已有飞机于导弹相互干

扰试验，节省了大量导弹选型试验的时间，动力系统主要解决低温起动问题，可节约大量经费开支。空舰导弹的发射平台设在空中，因此需有飞机或其他飞行物体携带导弹，要求全武器系统有较高的可靠性，同时，在高速飞行中搜索被打击的目标，要求飞行人员必须全神贯注，精心操作，使飞机处于最佳状态。否则，目标稍纵即逝，重新机动搜索，容易贻误战机。导弹及其火控系统吊挂在改装的飞机上或固定在窄小的机舱内，又不能影响飞机的空气动力特性及其他性能，火控系统设备必须小型化，并且不能因此而降低各项性能指标。发射空域不同，导弹下滑距离、射程大小不一，决定了导弹控制系统的复杂性和难度。

空舰导弹的研制，要求我们必须采取大协作的方式去完成。三、四、五、七机部有关单位参与配套，飞航导弹研究院内单位组成了精干的研制队伍。海军航空兵自始至终参加了研制工作的全过程。在飞行试验阶段还动员了广大民兵监视发射空域，以防不测。当时，形成了工业部门大协作，军民结合，海陆空大协同的壮观局面。

参加第一个空舰导弹研制的单位很多，能否搞好团结，拧成一股绳，是研制成败的关键。为部队提供优良装备，是军工部门义不容辞的使命。十年动乱使我们失去了宝贵时间，特别是技术人员失去了最宝贵的青春年华，他们憋足了气，决心把失去的时间抢回来。为部队提供优良装备是大家一致的目标，也是大团结的基础，请战心切是加速完成任务的保证。

但是，我们也清醒地认识到，“文革”刚刚结束，一些不健康的影响尚未消除；各单位长期形成的工作作风也有很大差异；“文革”期间废除的一些行之有效的规章制度尚未恢复；在今后工作中肯定会遇到一些不愉快的事情。因此作为研制主力的飞航导弹研究院的同志们严格要求自己，处处以大局为重，不说不利于团结的话，不做不利于团结的事，处事谨慎，不以总体压服各分系统，以充

分协商的态度处理各分系统之间的协调问题。大家都精神饱满、热情、积极地投入到工作中去。

总体及火控系统的同志热情地向飞行人员介绍全武器系统及其组成的功能和火控系统的操作等知识。飞行人员每次飞行完毕，都能及时向总体及火控系统的设计人员反馈设备在飞行中的情况。有几次，火控系统的设计人员为搞清设备工作中的疑点，蹲在拥挤的机舱内进行空中观察，回到地面后，顺利地排除了故障。

飞行人员第一次带这种导弹飞行难免会产生许多疑虑。例如：导弹发动机突然在机上点火能把飞机带到何方？会不会把飞机尾翼烧毁？带弹着陆会不会与地面相撞？……我们耐心地一一作了解答，甚至为他们做了现场表演。在第一次实弹发射前，飞行人员又提出了导弹能不能投放下来的问题。由于临战前的思想过度紧张，这个不是问题的事反而成了问题，未经考虑就用模型弹投放，几次都投不下来。大家的神经绷得更紧了。挂架厂的参试人员一时也不知所措，于是发报向厂询问。该厂连夜做试验，第二天回电说按弹的质量投放。于是试验队决定进行实弹地面投放，然而运输装弹车在设计上都没有考虑这一要求，只好采取临时措施，投放几次，次次成功，大家绷紧的神经才松弛下来。

在研制过程中，全武器系统地面联试遇到的麻烦更多一些。主要原因是工艺上有缺陷，特别是电子产品，为赶进度，出厂前必须的检查和试验都未做。例如火控系统的雷达，几次试验都通不过。最初发现各分机普遍存在插头与插座接触不良，虚焊、漏焊点较多，以后又发现雷达工作一段时间后，自身温度上升，导致工作不正常。经几次返厂检查、补做试验，剔除不合格元器件后，地面联试才获得成功。

当试验工作不顺利时，最忌情绪急躁，火控系统地面联试就是一例。机械师们工作非常辛苦，总是起早贪黑提前把飞机准备好，等待试验的来临。但经过几个反复还取不到完整的数据时，就耐不

住性子了："我们机械师也会排除雷达故障，先用手拍打，不行的话，再踢上一脚。"在以往，这种挖苦的话会激怒技术人员，继而引起争吵。我捏着一把冷汗站在一旁正考虑如何解决时，却见技术人员一笑置之。

随着地面联试任务的完成，飞行试验就提到日程上来了。经协商，试验基地设在山海关机场。

山海关属秦皇岛市，历史悠久，中外闻名。它东临渤海，西靠燕山，扼万里长城东端，号称"天下第一关"。周围古迹遍布，风景秀丽，但这一切对我们来说，却无暇顾及。

1982年初春，乍暖还寒。各方参试人员云集山海关机场，开始了飞行试验前的准备工作。各有关部门的领导同志纷纷前来慰问参试人员。一时间迎来送往，山海关机场热闹非凡。特别是海军航空兵司令员曾克林同志的到来，给参试人员以莫大鼓舞。他视察并询问了各项工作的进展情况后，看到机场骤然增加这样多人，感到供应肯定会发生困难。为了使大家吃饱吃好，他专门赶到市委、市政府，讲明装备研制的意义，请求市领导给以支援。曾将军在抗日战争时期，曾率领八路军将士长期在这一带坚持抗击日寇，在群众和干部中享有很高的威望，他的大名无人不知，无人不晓。第二天市领导就带领工作组来到机场，具体落实供应的品种、数量。在整个飞行试验期间，生活问题始终解决得很好，晚上常常有人加班到深夜，夜餐都能随时供应，这有力地支援了一线工作。

飞行试验中首先解决了地面遥测设备布站飞行问题。而火控系统动态试验几次都未达到目的，在规定的高度、规定的距离内，接收不到来自靶标的信息。是雷达出了毛病，还是靶标角反射体反射能量不够，一时间议论纷纷。

经测量靶标角反射体，找到了问题的所在。主要是由于靶船长期在海上风吹雨淋太阳晒，已经严重变形不能模拟规定目标的反射面积，于是临时改装了靶标。以后又为火控系统加装了惯导装

置，使其工作不受环境条件和飞机机动飞行的影响，从而提高了火控系统的动态精度。

这里需要提及的是，正当我们议论是雷达或是靶标出问题时，海军已下令从山东某地调来一条将要报废的挖泥船为靶标，并限期到指定地点待命。挖泥船接到命令后，日夜兼程提前到达了指定地点报道。人民解放军行动之迅速，主动配合之精神，都给我们做出了榜样，是值得我们研制单位学习的。

飞机飞上述两个科目时，我们发现飞机上有一部雷达在平坦地貌上空，特别在水陆交界处，时常处于“记忆状态”。这引起了我们极大的注意，因为弹上也装有一部类似的雷达。它在弹上起着举足轻重的作用，它“活”，全弹皆“活”，它“记忆”，弹上控制设备跟着“睡大觉”。于是试验中又额外增加了用飞机带飞导弹的内容。导弹带飞的结果与飞机上雷达的现象类似。我们进一步查找原因，把雷达关键器件换为进口器件后，在任何情况下都不“记忆”，看来似乎是器件问题。但仿制已来不及，只好用带飞获得的数据重新调整设备内部参数。

由带飞雷达，进而又想出用飞机带弹模拟弹道飞行，以检查弹上各控制设备工作情况。在飞行中又发现末制导雷达设计上存在一定缺陷。做了以上大量工作之后，我们对导弹状态基本上做到了心中有数。

6 月 19 日，首发导弹在 2000 米高度发射，导弹直接命中靶标。大家欢呼雀跃，互相祝贺。一位单位远在大西北的同志，禁不住喜悦的心情，跑去给单位发了一个“鸡飞蛋打喝烧酒”的电报。电报员感到莫名其妙，但明眼人一看便知，于是敲锣打鼓分享胜利的喜悦。单位领导则以此激励全体员工加劲干，全面完成各项生产任务。以后又在不同空域发射多发射程大小不一的导弹，大部分命中了目标。1987 年，我们研制的第一个空舰导弹荣获国家科技进步一等奖。

大家对这个结果是满意的。但当时我作为负责人，脑子里总想着两部雷达如何改进以及经费如何解决的问题。我们首先改进了末制导雷达的设计，使得生产周期大大缩短，经实战验证，改进是有效的。而另一部雷达的改进要复杂些，因主要问题还没有找准，需要时间去消化已积累的大量数据，所需经费也较多。我与研制单位协商，他们同意集中主要的技术力量，尽快消化资料，提出改进方案，在原有雷达的基础上先改出一部，再由飞机带飞。成功，则冻结技术状态，转入小批量生产。改进工作所需经费自筹解决。航空兵表示全力配合，虽然经费也紧张，但为了国防现代化，保证无条件带飞。他们的表态使我深受感动，心想，我国第一个空舰导弹，将来一定能显示出它的威力。

以后经几十发实弹射击，除两发因操作失误紧急投放外，发发命中了目标，大大超过原定的命中概率要求，曾被人誉为百发百中的空舰导弹。它的研制成功，不仅为我国飞航导弹家族填补了一项空白，而且为今后发展更先进的空舰导弹提供了宝贵经验，奠定了坚实的基础。

作者系型号总设计师，三院科技委原副主任

飞航导弹自力更生的发展

蓝 卓 群

1956年10月15日，聂荣臻元帅在中共中央的报告中提出“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的指导思想，后经毛主席批准，国防部五院把它作为建院方针。1960年，当时苏联当局背信弃义、片面撕毁合同、撤走专家之后，聂荣臻元帅又指示我们，要“自力更生，发愤图强，争一口气，突破从仿制到独立设计这一关，迅速发展提高，建立我们自己的高度技术水平的导弹体系”。1963年初，三分院党委总结了贯彻五院建院方针和聂总指示的经验，把自力更生、发愤图强作为分院的指导思想之一。笔者对党委贯彻自力更生、奋发图强方针所取得的成就目有所见、耳有所闻，亦有所思。现根据自己的回忆，并参考有关文献写成本文，作为我们坚持自力更生为主，发展飞航导弹事业的纪念。

自力更生为主完成型号试验保障任务

从1961年10月我院成立到1964年底，我院主要承担多项型号试验保障任务。

在试验方面：千方百计改进操作规程和试验设备，提高效率和精度。如试验站二台1963年初安排的试车任务，超过了前3年任务的总和。他们改进了根据当时苏联资料编制的操作规程，使试车周期缩短一半，超额30%完成了全年试车任务。空气动力研究所三室1963年通过摸索、试验，在FD-11风洞上创造了“低压开车”方法，平均日开车率从1960年的4.3次提高到8.45次，每天最高开车次数从1960年的11次提高到35次。该所FD-08设备是民主德国帮助建设的一个高亚音速风洞，马赫数为0.9。一室同志为充分发挥风洞的效用，提出要改建为跨音速风洞，当时却遭到苏联专家反对：“德国人没有搞成的东西，你们就甭想了。”但一室同志没有被吓到，他们根据理论分析，利用现成材料自行设计，加工孔板，进行试验，经过2年10个月，作了41次试验，终于使马赫数达到了1.2，改建成为跨音速风洞。当时外国人办不到的事情，终于被我们办到了。

在研究方面：依靠自己，克服困难，刻苦钻研，大胆创造。没有样品，自己试制；没有资料，自己探索；没有洋的，就用土的。如液体发动机研究所1963年的14个研究课题中，有7个课题的部分项目就是土法上马搞的。为了研究出高能推进剂，该所一室勇敢地向当时苏联称之为“小老虎”的偏二甲基肼展开了斗争。缺乏经验，登门取经；不懂技术，虚心学习；设备不全，以土代洋，终于获得了研究成果，以油肼-40代替TГ-02，不仅可以为国家节省大量粮食，而且提高了发动机的性能。空气动力研究所九室经过深入的研究和100多小时的试算，独立地在计算机上实现了外国人认为难以实

现的“弗里反解法”。计算一个马赫数比当时苏联的积分关系法效率提高了3倍。这一研究成果的报告，在全国计算学会上被列为最优秀中的一篇。

在设计方面：从实际出发，不照抄当时苏联资料，尽量满足使用要求。如CS-01设备是我们和第四设计院共同设计的冲压和涡轮喷气发动机两用试车台，设计数据是自己提的，计算方法是自己研究的，理论计算是自己完成的，设计中的技术问题是由自己解决的。从理论分析的结果来看，比当时苏联帮助设计的CS-02设备更完善，性能更好，气流温度更均匀。

在生产加工方面：立足内部，先内后外。安排加工，一般是先研究所车间，后我院工厂，只在十分必要的时候，才提交外厂加工。为了满足研究设计任务的需要，1964年初，521厂第五车间，在基建尚未完成、工种又不齐全、经验非常缺乏的情况下，经过78天的努力，提前66天试制成功了第一台合格的冲压发动机。

在基本建设方面：在设计院不能安排或时间不能保证的情况下，我们不等待。1963年自行设计了20个工号，占当年开工项目的21%；自行设计市政工程60项，占当年开工项目的67%。加工件和反修件不能及时供应时，自行加工。仅安装队1963年加工了68000件。为了加速建设，使用单位主动积极参加设备安装。1963年有52%的使用单位参加了设备安装。四号台的建设，自1960年底开始设计，到1963年6月10日第一期工程施工完毕，历时2年半。工人和干部不顾严寒和酷暑，夜以继日，克服了许多困难，在国家大力支援和上级的正确领导下，在各单位积极协助下，按期建成，满足了东风二号全弹试车的需要。

自力更生为主　艰苦奋斗起家创业

1965年初，在原来基础上，不增投资，不增设备，不增人员，组

建了飞航导弹型号总体院。“因陋就简上型号”，这在世界导弹发展史上也是创举。早在1963年中共中央就提出加速研制岸舰导弹。1965年2月，在刚刚组建的我院召开的型号规划会议上，提出发展岸舰导弹的主要方案，是仿制改进544。1965年4月23日，上级主持召开423会议，审定方案，落实研制计划，并确定：导弹武器系统由我院抓总。

首先是强烈的责任感。60年代初期，根据国际形势要求，对抗敌人的海空优势是当务之急。我院领导和广大科技工作者，深知自己肩上的重任。在423会议上部队要求研制射程在100公里左右的岸舰导弹，以利于封锁海湾。我院急部队之所急，想部队之所想，经过认真分析研究之后，于1965年6月27日提出了按部队要求搞一个“练兵弹”，取名3QD-51，寓意“我院起家的岸舰导弹”。“练兵弹”又称“争气弹”，意思是争我院起家创业之气，争部队强大之气，争中华民族之气。1965年8月，3QD-51终于被列入国家计划，并定名为海鹰二号导弹，从此迅速全面地开展了海鹰二号研制工作。正是这种忠于事业的强烈责任感和勇于攀登的志气，激励我院干部群众拧成一股绳，自力更生，艰苦创业。

其次是知难而进。创业工作的主要困难来自技术、体制和设备3个方面。423会议上确定：武器系统由我院抓总，由320厂研制和总装海鹰一号导弹；而我院按部队要求搞一个比海鹰一号射程更远的导弹。两型导弹都是在544基础上的改型，增大射程为原来的2～3倍，需要多装推进剂，弹身要加长，技术上带来一系列难题。技术领导和科技人员经过缜密分析、认真计算之后，决定吸取东风地地导弹型号的成功经验，采用承力箱体，以扩大推进剂容量，解决增大射程的问题。在体制上，完善我院作为飞航导弹总体院的建制，努力建设总装厂。总装厂是在521厂的基础上组建的，原来的底子薄，条件差，一时难以承担导弹研制和总装任务。为了尽快建起自己的总装厂，我院上下众志成城，拼搏奋战，相继开辟了两个

战场：一个是设计部，着重解决加大射程带来的一系列技术问题；一个是总装厂，重点建立导弹模线样板和工装，筹建总装、测试车间。其他弹上各分系统，密切配合，总装攻关会战。郁文书记曾在动员讲话中指出：3QD-51是我院的起家型号，要自力更生，克服困难，通过研制锻炼队伍、健全机构、完善设备，为后续发展型号奠定基础。

第三是开拓创新。在1965年2月型号规划会上，提出发展岸舰导弹主要方案是改进仿制544。为了保证技术先进，我院党委认为：应以544为基础，自力更生开拓新技术，进行改型设计，而不应仿制任何型号。320厂也提出了类似的改型方案，但选用544的悬挂式箱体。由于弹体加长，导弹钢度有所下降，要求争取在1967年底试飞。在解决了一系列技术难题之后，于1967年9月运到靶场进行首次研制飞行试验。此时，海鹰一号也在试验，出现了雷达损坏和近弹。我院吸取了海鹰一号试验的教训，在梁守槃副院长的提议下，勇于开拓创新，截短了和海鹰一号通用的发射导轨，还调整了海鹰二号天线回调角。9月29日首发试验成功，10月27日第二发亦成功。1968年10月12日和15日，大射程两发弹试验也相继获得成功。1969年8月开始定型试验，5发4中；1970年3月31日2发齐射，双双命中。结果以7发6中通过了设计定型试验。海鹰二号导弹先于海鹰一号导弹通过设计定型试验，这就为飞航导弹研制和总装厂举行了奠基礼，也为我院起家创业奠定了坚实的基础。

上述情况说明，我院是靠自力更生起家、靠研制导弹艰苦创业的。海鹰二号从1965年提出方案，到1970年完成定型试验，研制性试验仅用4发弹。这个型号从70年代装备部队其后衍生了多种型号，取得了较好的经济效益。海鹰二号系列的研制成功，是贯彻执行自力更生为主方针的胜利，是发展飞航导弹事业的良好开端。

自力更生为主发展飞航导弹事业

飞航导弹事业不断获得发展，从引进、仿制、改型，到自行设计、改进创新，跻身于世界飞航导弹先进行列，取得了举世瞩目的成就。经过自力更生、艰苦奋斗的历程，走出了一条适合中国国情的发展之路。党的十一届三中全会以来，我院在独立自主、自力更生方针指引下，在资金紧缺、设备陈旧、后劲不足的情况下，认真贯彻“军民结合、平战结合、军品优先、以民养军”和“航天为本、军民结合、军工第一、民品为主、走向世界”的方针，在指导思想、产业结构、运行机制和管理体制等方面都发生了深刻的变化，呈现出新的生机和活力。

多年来，按照“基本型、系列化”的发展模式，我院先后完成了多个系列型号的技术抓总或研制及部分生产任务。1978 年以来，共有大量研究课题获得国家及部级成果奖。以自力更生为主发展飞航导弹事业，取得了显著的军事、政治、经济和社会效益。就军事效益而言，我们自行研制生产的各种飞航导弹，已陆续装备部队，为巩固国防，加速部队现代化建设，做出了重要贡献。部队岸舰导弹、舰舰导弹、空舰导弹，可以严密地封锁各海湾及其水道，保卫祖国的海疆。正是由于有了自己的飞航导弹，中国部队为保卫祖国，维护和稳定亚太地区以及世界和平，做出了重要贡献。

自行设计的多用途鹰击八号导弹和超音速鹰击一号导弹，都是在自力更生的基础上，经过艰苦的探索，攻克个个技术难关以后，在 80 年代定型或取得了突破性进展的。在动乱年代起步的鹰击八号研制工作，其艰辛程度和科技人员的拼搏精神是难以想象的。小推力长时间工作的固体发电机是这个型号研制的关键，当时国内尚属空白，公开的国外报道也未见过。为了尽快为导弹提供动力装置，设计部从 31 所借了丁振宗、常敬基、郑炳森三名同志，连

同设计部的杨经卿、刘焕林、邢庆嘉等十余名同志组成课题组，开始艰苦的预研工作。最初试验时，没有试车台，条件十分简陋，他们在荒山上挖个坑，发动机头朝下，喷口朝上，拉上导线测试有关参数。他们就是这样克服了种种困难，突破了发动机研制技术关。

“海鹰二号”是我国自行设计的第一代飞航导弹，以其研制周期短、费用低、发展衍生型号多，使用周期长等特点，体现了通用化、系列化要求。不失为适合国情，具有中国特色的自力更生为主的发展型号。“海鹰二号”及其他导弹研制经费仅为外国同类导弹的 1/5—1/4 左右。

飞航导弹事业在取得明显军事、政治、社会效益的同时，在经济上为国家节约了数以亿计的军费开支，基本上抵偿了国家对型号研制的投入。实践证明，我院发展飞航导弹事业走的是一条自力更生、艰苦奋斗的道路。

我院建院多年来，通过对五院建院方针和聂荣臻元帅指示的宣传贯彻，增强了志气，鼓舞了干劲，培养了作风，提高了技术，加快了进度，节约了资财，有力地保证了型号试验、科研生产和基建任务的完成。既出了成果，又培养了人才，取得了政治与技术、经济效益与社会效益大丰收。

作者系三院院办调研处原副处长、高级工程师

第一台实用型固体发动机的研制

杨 南 生

我于1964年秋奉命调离上海机电设计院到四院(当时叫总字750部队)任职,负责技术领导工作。当时,四院经过多年的艰苦探索,已研究成功一种聚硫橡胶复合推进剂配方,正由李志刚同志率领着一个分队在国营845厂协作,进行一种试验型固体发动机研制。这种发动机(通常叫300发动机)直径约为300毫米,装药量不足100公斤。它的研制目的不在于提供实用产品,而在于经历一个研制全过程,以便积累研制经验,探讨研制规律,总结研制程序,掌握研制技术。

300发动机在1964年后期进行了一系列地面试验,连续获得成功,并于1965年7月8日在20基地成功地通过了六发飞行试验考核,随之胜利地结束了研制。这是四院的"头生子",也是我国的第一个复合推进剂固体火箭发动机。尽管它是试验型的,但其研制成功仍然具有里程碑的意义,标志着我们已经掌握了研制现

代固体发动机的基本技术，具备了进一步发展的基础。

继300发动机之后开展直径770毫米发动机研制，是四院根据1964年8月国防部五院召开的固体发动机和推进剂10年规划会议所制定的目标，于1965年1月院的第二次科技会议上决定的。急于要给国家早作贡献的四院，极力想把这个发动机用于实际型号。恰在1965年国家制定了发射我国第一颗人造卫星的计划，长征一号运载火箭总体部门决定使用固体发动机作第三级，满足了四院的愿望。于是从1966年开始，四院展开了我国第一个实用型复合推进剂固体发动机的研制。

这个时候四院刚从四川泸州搬迁到内蒙基地。所谓的基地，当时只是在一片黄沙中点缀着几处空壳厂房，再加几栋单身宿舍楼和一个用芦席搭成的食堂；生产条件只有一条临时装药生产线。研制工作展开后，才配合基建队伍集中力量抢建起一条大型装药生产线和一座50吨试车台，其他条件都不具备。因此当时凡是能够外协生产的，都拿到外面找兄弟单位承担了，例如发动机壳体的试制，就是在沈阳111厂和北京211厂进行的。至于基地的生活条件，其艰苦状况更不堪言了。集体宿舍楼成了吃饭睡觉、办公学习、设计画图的“综合楼”。有家口的人分散借住在基地周围一、二十里范围的农村里，每天上下班都得顶风冒雪来回奔波。即使后来陆续住进基地内了，但房子是“干打垒”，仍然没有多大改善。吃饭呢？几乎是每天三顿窝窝头加土豆和白菜；再加上塞外的气候，那奇寒，那风沙，真够人受的。但是这样的工作、生活条件并没有吓住谁、难住谁，没有一个叫苦的，看不到一丝沮丧情绪，大家依然满腔热情地投入工作。

发动机直径从300毫米一下跨到770毫米，无疑是巨大而艰难的一步。总体部门对发动机提出的4000千牛·秒总冲和0.88质量比等技术指标，在当时对于一种新生的固体发动机来说形势是严峻的。加之工作环境是高空，还要旋转；而且要求1968年就得

交付，研制周期还不到三年时间。这一切意味着的困难是可想而知的，但是同样没有吓住研制人员，他们充满信心地知难而进。

首先面对现实确立了如下设计指导思想：实事求是，立足现实，力求先进而不盲目追求先进。根据这一指导思想，确定了这样的选择技术和材料的原则：对于再努力一下即可拿到手的技术和材料，力争使用；对于虽然已有进展但离成熟还较远的技术和材料，不盲目使用。遵循这一原则，决定装药使用加铝粉的聚硫橡胶推进剂；壳体采用鞍钢实验所 1963 年开始为四院研制而可望在 1966 年内轧出的高强度低合金 32 硅锰钼钒钢板；喷管采用 1964 年以来已取得一定成果的各种特殊材料，例如高硅氧酚醛模压件和布带缠绕件、*Ωs*-8 石墨喉衬、新型粘结剂等；绝热层使用 300 发动机已用过的石棉酚醛材料；衬层采用丁腈橡胶；点火器采用小火箭式，其壳体由玻璃钢缠绕制成，点火药用速燃聚硫橡胶推进剂，引燃药用国营 672 厂协作研制成功的 6-3 烟火剂。

依据以上选择初步设计出来的发动机（编号为 *rT*-02），直径为 766.6 毫米，长度为 3950 毫米，壳体壁厚 2.5 毫米；装药量 1.8 吨，总质量 2.05 吨；采用内孔圆管形药柱，固定单喷管；工作时间 38 秒，最大推力 181 千牛，总冲 4500 千牛·秒；拟在 600 公里高空点火，在 240 转/分转速条件下工作。

设计出图后立即投入试制。此时正是 1967 年，全国刮起了史无前例的“一月风暴”，动乱日益严重起来，致使本来就够困难的试制工作更是举步维艰，每前进一步都得付出巨大的努力，既要克服条件差的困难，又要解决技术上的难题，还要排除动乱的干扰。在沈阳 111 厂和北京 211 厂协作的发动机壳体试制，因 32 钢硬度大、焊接性差，遇到了很大的困难，四院派出的协作小分队和厂里的工人及技术人员付出了很多心血，才攻克了这道难关。在技术攻关的过程中还得冒动乱带来的生命危险，这不是耸人听闻的事，而是有例为证的：111 厂的一位老工人就是在上班去攻关的途中，被

打派仗的子弹击伤了腿部。其时四院内部也是秩序大乱。为了维持试制，我们这些管理科研生产的人员就搬到生产厂区域去，吃住在那里；汽车没人开了，我们就骑上自行车在厂所站间奔波；工作场所常常空无一人，遇到这种情况，我们就得顶着派性干扰，挨门挨户去动员人们上岗，努力把研制工作进行下去。与试制同时进行的试车条件准备，如高空模拟和旋转试车设施的建设，提高测试精度的研究等，也是在这样的局面下艰难地进行着，同样是前进一步伴着一番辛苦。

在此期间解决的一个带根本性的技术难题，是装药裂纹问题。这一问题在 300 发动机中出现过，在为考验抢建成的大型装药生产线而进行直径 654 毫米壳体装药时又出现了。裂纹是发动机装药不容许的缺陷，一旦出现就必须解决。灌浆处理是一个补救办法，但不是根本解决问题的办法。根本的办法是使装药不产生裂纹。我们引用粘弹力学理论，分析了装药产生裂纹的内在原因，逐渐解开了这个谜，认识到复合推进剂在慢速变形下的延伸率低于某个值时，便适应不了装药固化降温过程中所产生的热应力，就会导致装药产生裂纹。这使我们对于复合推进剂的粘弹性质的认识又深化了一步。据此，对复合推进剂增加了高温慢速拉伸下的延伸率这样一项性能指标，要求它必须达到发动机所要求的水平，从而保证了装药未再产生裂纹。迄今的实践证明，这项攻关从根本上解决了装药裂纹问题。

困难压不倒英雄汉，第一台 *rT*-02 厚壁发动机终于在 1967 年底试制出来了。质量基本符合要求，只是局部有些脱粘，采用克服了许多困难摸索出的一套行之有效的灌浆方法作了修补。这时正规的卧式旋转试车设施还未建成，便在一个简易的立式旋转试车台上于 1968 年 1 月 26 日进行了旋转试车。这一天是四院的一个难忘的日子。当时发动机尾部朝天竖立在立式试车台上，在发动机壳体的周围捆绑着 10 个小火箭，是用来使发动机旋转的，点火指

令发出后，一条鲜艳夺目的“火龙”冲天而上，吼声如雷，震耳欲聋，在场的人也振奋起来，然而到 30 秒时，试车台底部冒出一股烟火，接着发动机带着一身烈火飞离了试车台，继而掉在地上，在台体周围窜动，足足持续了一分多钟才停止不动了。那个年月还没有装备现在这样的先进摄影器材，我们为了对试车情况观察得更清楚些，试车时都尽可能地站得离试车台近些。当燃烧着的发动机像一条火龙在地上乱窜时，可真是吓死人，万幸的是有惊无险，没有伤着一个人。

试车失败了！大家怀着沉重的心情，认真地分析了失败的原因，认定是由于发动机旋转使其头部沉积了过量的燃烧产物中的三氧化二铝，导致头部壳体过热而被烧穿，燃气遂从穿孔处向外喷射，便把发动机推离了试车台。针对这一原因，决定对发动机壳体绝热层设计进行修改。

此后又试制了两台发动机，分别于 1968 年 7 月和 11 月在修复的立式试车台上进行了试车。7 月的试车，发动机全程工作正常，时间达 41.8 秒，遗憾的是因试车台线路故障，致使发动机没有旋转起来。11 月的试车获得圆满成功，但结果分析表明，三氧化二铝的沉积量仍然有些偏高，隐藏着一定的危险性，还需要改进。为此，依据研究结果对推进剂配方进行了调整，在确保燃烧稳定性的前提下，适当降低了铝粉含量；同时与总体部门作了协调，把发动机的旋转速度减少为 180 转/分。以后的多次试车结果证明，作了这样的改变后，三氧化二铝的沉积量就降低到 12 公斤的合理程度了。另外，在 1968 年里，点火系统的高空工作可靠性在八院（现在的 508 所）的协助下经过探空火箭的成功考验，也得到了证实。

1969 年开始发动机正样研制。这虽然与总体部门把计划调整为 1969 年进行全箭合练试验的时间表相适应，但时间仍旧是十分紧迫的。而且，1969 年是动乱比较厉害的年月，所以这一年是我们最紧张、最艰难的一年。不过我们已有了 1968 年所取得的成果，信

心更为增强了。大家迎着困难,排除干扰,硬是在这一年里试验了包括卧式旋转和高空模拟试车在内的15台发动机,9月如期给总体部门提供了3台发动机,参加了全箭的联合试车。结果表明产品合格,完全满足总体的要求。

1970年初又补充进行了一发高空模拟旋转试车,同样获得圆满成功,即为生产交付状态的发动机,奠定了良好基础。

在rT-02发动机的整个研制过程中,一共进行了19发试车,其中有5发是高空模拟旋转试车。19发试车中失败的3发,部分成功的3发,其余13发都获得了圆满成功。特别是最后5发,连续获得成功,成功率接近70%。作为从直径300毫米的试验型小发动机,一步跨到直径770毫米的较大型实用发动机,达到这样的成功率,使四院研制人员倍受鼓舞,提高了大家进一步发展固体发动机的信心。

当然,更大的鼓舞是1970年4月24日的发射。那一天,当长征一号运载火箭载着我国的第一颗人造卫星飞向天空,四院研制的第三级发动机最后有力的一推,把卫星送入预定轨道时,在为我国进入航天时代而欢呼的亿万人中,四院人或许更为兴奋。他们立下了誓言:要为祖国的航天事业作出更多、更大的贡献。

作者系航天总公司科技委顾问,原四院副院长

廉茂林整理

首飞太平洋纪实

熊之凡

1976年，我刚完成了作为我国第一代中、低轨道卫星测控网主要设备之一的双频多卜勒测速定位系统研制和各台站设备装调任务，又受组织派遣立即投入了“三抓”任务的海上远洋双频测量设备的设计研制工作。

建造“远望号”海上航天测量船是一项十分艰巨的任务，是完成“三抓”任务的一项关键工程。在党的领导和全国人民的大力支持下，克服了种种困难，经历了极大的艰辛，到1979年底，一切为远程运载火箭全程飞行试验的准备工作已基本就绪。中央确定，1980年春进入实际发射试验实施阶段，代号580。

由于远洋海上测量是我国过去从未进行过的工作，同时新建测量船所装测控设备又都是我国新研制的复杂电子系统，为了保证试验圆满成功，组织决定各主要测量设备由研制单位选派技术人员随航保驾，与国防科委23基地同志一道出海执行任务。为此，我院决定派出我、

张治华、吴平开、魏国政、杨东海、蔡春发、崔兴国、茹德芳承担远程运载火箭首次发射试验两条测量船双频跟踪测量设备的技术保驾任务，代表曾为此作出巨大努力的全体同志，去完成这一光荣的使命。我被安排随远望一号测量船工作。没有想到，从 1977 年开始到 1984 年 331 任务的执行，我这个平时晕船的人，竟一直和测量船远洋海上工作断续地打了 8 年交道，经历了所有“三抓”任务海上试验的全过程。

一、受命出师

也许是历史的巧合，正是在我国东方红一号卫星发射整整 10 周年的日子，又奏响了远程运载火箭任务海上测量的战歌，拉开了首战太平洋的序幕。1980 年 4 月 24 日早上 5 点，我们告别江阴码头，随第一代远洋航天测量船，踏上了充满神奇色彩的征程。中午 12 点，船抵达上海吴淞口，天气阴雨。由于已离码头，从今天起开始淡水定量供应，标准是每人每天 15 公斤。我们研究了刚下达的远程运载火箭理论弹道数据，考虑任务中可能出现的问题。25 日传达中央文件并进行了设备合练。根据上级要求，基地同志在执行任务中也着蓝色便装，不以部队面貌出现。

580 任务海上编队出航誓师大会 4 月 26 日在吴淞口召开，国防科委及海军联合组织了隆重的出航欢送仪式。会上宣读了国防科委及海上编队党委的动员令，同时发布了启航命令，整个编队将分 3 个分队出发：580-1，2 只船 28 日启航；580-2，包括远望二号，8 只船，5 月 1 日 10 点启航；580-3，包括远望一号，8 只船，5 月 1 日 14 点启航。远望一、二号承担主要的测量任务，向阳红 10 号、5 号完成与国内的通信接力，当时我国最先进的 8 艘导弹驱逐舰护航，加上补给船和落区打捞船、直升飞机，形成了一支特混舰队。海上编队指挥兼政治委员是海军副司令刘道生，副指挥是杨国宇、傅继

泽、田震环。23基地田震环司令兼任海上测量指挥。大会由副总参谋长、国防科委主任张爱萍主持，王震副总理、耿飙秘书长、国防科委李耀文政委、海军司令叶飞、中共上海市委第一书记陈国栋、国防工办副主任邹家华出席大会并讲了话。参加欢送大会的还有上海市委书记、副市长韩德一，国防科委副主任朱光亚及其他部、委、厂、所代表。刘道生和田震环代表全体参试人员感谢党中央和各省市自治区的亲切关怀和大力支持，表示决心以优异成绩向党和人民汇报。会末，张爱萍祝词：现在良辰已到，准备出航了，祝同志们航程顺利，凯旋归来。

27日，阴天，上午所有海上编队在吴淞海面接受了中央首长的检阅，王震副总理等乘131驱逐舰经越编队所有船只，全体参试人员列队船舷并向中央再次表达了誓夺首战胜利的决心。

28日，船驶往绿华山补给，这里是一个美丽平静的港湾。29日又进行了一次设备合练，出发前人们的心情虽然各有不同，但任务光荣、责任重大，自己的工作千万不能有任何差错，则是共同的心声。30日船开往舟山群岛南部的朱家尖，这是第二、三分队结集待命的出发地。

二、南下太平洋

5月1日，天气转晴，下午580-3分队在举行了简短出航仪式后，启锚离开本土，直下南太平洋。4艘导弹驱逐护卫舰在远望一号两侧，十分威武，充满豪情壮志。浅海的水面绿油油的，点缀的礁石和港湾山峦的倒影勾划出一片诗情画意。随着船的行驶，一阵海风拂面而过，那些青山绿水的风姿，已悄然散离。出航不久，船舷右侧出现了一大群嬉戏觅食的鲨鱼，吸引了不少船员的兴致。

5月2日中午，船抵达冲绳地界。卢副政委传达了国防科委制

订的这次任务中处理外事情况的原则，简介了将去落区周围国家的状况。茫茫大海不见任何陆地、岛屿，风浪较大，不少飞鱼腾跃于水面，英姿勃勃的海鸥搏击在浪间。已经有人晕船，我也第一次呕吐了。随着南行，天气明显变热，海水已深达数千米，颜色变得深蓝带黑。下午6点全船统一将时钟相对北京时间拨快一个小时。

3月11点，船经过菲律宾正东350海里，海面较平静，只是太阳直射，气温较高，有一种火辣辣的感觉。4日晴天，风浪虽不大，摇晃仍明显，由于船队实施海上补给，有时航速减得很低。晚上放映了录相《丝绸之路》。参试人员的生活得到了党中央和全国人民无微不至的关怀，尽管船上只有冷藏食品，但在当时国内经济还比较困难的情况下，伙食标准确实已经很不错了。

5日中午，船到达北纬11°32′、东经134°24′的海域，仍在菲律宾东侧。根据安排，从启航到现在，所有船上测控系统都保持了无线电静默。6日下午船通过一处台风边缘，几米高的狂浪使船升降起伏，摇晃不定，对体力消耗很大。不过，我由于服用了药，倒未呕吐。为了执行这次任务，海军药物研究机构专门研制了一种抗晕灵，它可让人在晕船时仍然保持工作的精力，不过如果多用，长期兴奋难眠，也会使人格外难受。《解放军报》记者今天约我进行了一次畅谈，大家能在执行海上任务中结识，颇感亲切。18点全船时针再次统一向前拨动一个小时。

7日，早上有雨，天空乌云压顶，黑沉沉一片，十分闷热难受，直到中午才驶出那片讨厌的地区。8日接近赤道，望远处，海面突然变得如镜子一般平，仿佛进入一个新天地。海面上一度看到许多漂浮物——木材、树、油，不知从何而来。晚上船队跨越赤道，鸣笛一分钟算是对南半球"海龙王"致意。据说这已是传统惯例，凡穿越赤道的船只都要以这种形式表达敬意，以祈祷新进辖区的龙王保佑。

下午我们将天线解锁，进行开机运行检查。在船上，研制单位和基地的同志相处十分融洽。共同的目标，无私奉献，科学求实的精神把大家紧紧团结在一起。稳妥可靠，万无一失成了每个人工作的座右铭。这次实验由于增加不少保驾人员，船的正常床位不足，基地的同志把好的铺位大都让给了各研制单位的同志，自己则睡在临时搭起的铺位上。

9日，我们开机接收跟踪了一颗子午仪卫星，以检查设备长时间航行后的状况。晚上北京时间8点，我国中央人民广播电台正式播发了这次试验的公告。这时，我国首次远征船队也已临近试验海域。

船继续南下，并在10日进行了全船综合检查，我们再次跟踪了子午仪卫星。近两日，船摇晃厉害，但准备工作又要加紧进行，因此，一般我都是在吃药状态下坚持下来。11日下午3点，我们已远远望见第二批出发的580-2战友，船已接近编队会合海域。

三、首战告捷

12日上午10点抵达预定测量点，晚上时针再向前拨快一个小时。这里时有短暂大雨。由于已到预定测量位置，所以船要么漂泊，要么就在周围游弋。

13日进行了海上编队与国内基地台站的全区第一次联调。14日～15日两天，我们一直紧张地投入了任务前的准备，全面检查测试了设备的性能，维护或检修了我们认为需要检查处理的所有部位。晚上国防科委常委为编队到达预定海域发来了一封慰问电。

16日，天气晴朗，船多数是在慢速来回航行。今天进行了首发任务前的最后一次陆海合练。为了保证任务万无一失，大家的头脑始终在琢磨着可能发生的每一个细节。由于是第一次执行这样复杂的使命，缺乏实际经验，因之从船系统测量通信方案到各设备的

应急措施，大家都作了很多也许现在看来甚至有些可能是不必要的备份。今天一艘外籍船始终尾随着我们，彼此都能肉眼相见，我们发信号告知它我国政府的公告，要求它离开这个区域，甚至派遣我们的护卫舰希望赶走他们，但回答的是：我们尊重你们的公告，但也要服从我们政府的命令，我们也在作业。他们不走，我们也就取个相安无事的结果算了。远望二号也遇到了类似的情况，他们还曾派出小艇为对方送去礼物，同对方进行了对话。而且，他们还从海上捞起了一个据说是声纳的侦察装置。我们也多次看到这类东西。

17 日全天为任务作准备。备份就位，更冷静设想了可能的应急方案。下午召开任务动员大会，明天可能发射。

18 日，晴天，绚丽的阳光倾泻在万里无垠的海面，欢快的浪花仿佛也准备迎接远道的嘉宾。今天将正式进行发射远程运载火箭的试验，为了提供较有利的跟踪测量条件，整个跟踪测量工作是用面对目标来向且在船航行状态下进行的。船的防摇晃也投入工作，以便减少船摇幅度，降低对船载 4 大跟踪测量设备伺服稳定系统的扰动。测量中，远望二号被布于目标来向的前端，远望一号安排在弹头落区附近。当地时间 8 点过，人员就位，9 点(北京时间早上 6 点)进入 4 小时程序。整个工作都较顺利，人们的心情既紧张，亦还平静，多少人日夜奋战、艰辛努力的希望，都似乎凝聚于今天的成败。时钟一秒一秒地过去。随着国内一个个口令的传来，心上的弦被拉得愈来愈紧，上午北京时间 10 点 0 分 23 秒那有历史意义的时刻终于到来。由国内传来了火箭准时起飞的口令，随即陆续收到首区、渭南、胶东、长春、闽西等国内各测控站单脉冲雷达、双频、遥测设备跟踪目标正常的报告，声音是那样的清晰宏亮。由于弹道在飞离我国国土到海上测量船队之间有一段双方都够不着的测量区域，致使传报的声音不久突然消逝，造成了一种使人特别难熬的沉默。人们的心紧缩得几乎已无法跳动，每个人圆睁的双眼，死死

盯着设备上每一个可能说明目标出现的指示，谁都希望抓住那最早的一瞬。操作手按轨道紧张地搜索着从祖国飞来的“神箭”，每台设备调度的嘴唇，紧紧贴着手中的麦克风，生怕不能及时报告出那可能马上到来的信息。

在火箭起飞后1260秒，终于出现了我们追踪的信号，根据数据推算，目标还稍低于地平线，船上远程跟踪设备相继报告了捕获目标的口令。整个情绪陡然活跃起来，我国自行研制的远程运载火箭正奔驰着飞向我们，投向预定落点，人们心上久压的一块石头，突然坠落下来，胜利的曙光伴随着激动的泪光使在场参试人员兴奋不已。火箭在起飞1760秒后，三舱弹头与载体分离，双频信号消逝，弹头数据舱已进入我船上空。我们赶到船舷，目光直指那蔚蓝云层中穿出，清晰可见，在我们左上空掠过，飞向附近的落点。成功了！成功了！人们欢呼议论，沉浸在胜利的喜悦之中，很快传来，打捞数据舱的直升机发现溅落目标，蛙人已跳入海中……

胜利，中国人民的胜利，伟大祖国的光荣！

19日～20日两天，船仍在附近海域游弋，各设备继续紧张地评估着在第一发试验中的各种问题和经验。人们总算已经经历了一个完整的过程，有了更多的自信。同时，也对在第一发试验中看到的不足，为第二发试验设想着最佳的对策。每个成员的心里和言谈只有任务和设备，只有如何更好地迎接新的战斗。

580任务的第二发试验，预定5月21日实施，全船设备都处于良好状态，人们的心境虽还紧张，但毕竟已有实际的感受，稍许轻松自如一些。由于首区的原因，发射时间较原定北京时间10点起飞推迟了1小时20分钟。上午北京时间11点19分32秒火箭起飞，海上同样陆续收到国内地面设备相继跟踪、捕获目标的信息，但这次落点未能达到预期海域。人们感到了一种美中不足的遗憾。然而，对这一极其复杂的大系统工程，已经取得的巨大成功，使

全国人民和所有参试人员都感到了扬眉吐气，给了国外敌对势力一个沉重的打击，它为“三抓”任务的完成，为我国航天事业的发展，又树立了一块新的丰碑。

至此，从国内传来了国防科委李耀文政委宣布我国580任务胜利结束的命令。

四、胜利归来

22日，晴，海上编队返航的准备正加紧进行，所有测控跟踪设备都安排于锁定封存状态。同时，今天容许船上队员在远程运载火箭落区留影为念。返航路线将取一条比来时较近的航道，原一、二分队合为一批，定于下午3点动身，580-3分队为第二批，晚7点启航。

在这即将返航的时刻，在远望一号船上还安排了一项骨灰安葬活动，由田震环司令主持在甲板上为海军少将于笑虹同志举行了一次简短的追悼仪式。于笑虹，山东省巨鹿县人，1937年参加革命，曾任海军科研部部长，“文革”中遭“四人帮”迫害，于1973年逝世。他一生为我国海军建设呕心沥血，临终时，对没能看到我国远洋舰队进入太平洋而遗憾终身。遗嘱期望，当我国海军舰队远征太平洋的日子，能将其骨灰撒在太平洋上。580任务的实施，实现了先烈的遗愿。追悼会上，田司令发表了简短的讲话，告慰了先烈的英灵。在10余名战士对空鸣枪致敬后，于笑虹同志的骨灰慢慢被撒入了太平洋的波涛。所有在场的同志，无不为他对事业的忠诚所感染，油然升起对先烈一片崇敬之情。

23日，海面平静，编队已进入回程，导弹驱逐舰仍在我船左右护航，相对来说，它们比远望号小很多，在巅簸的海浪中，他们比我们更加辛苦，我国航天事业的每一个成就确实凝聚着多少人的心血啊！今天我和新华社驻海军一位记者也进行了较长时间交谈，他

们为报道和记下这一具有历史意义的事件，也和我们一样承受了同样的艰辛。

24日，我们由南往北再次穿越赤道。各设备进行了任务总结，下午测量指挥部、国防科委、测通所及23基地在船上执行任务的一些同志和我们一起就执行任务中的情况进行了讨论。当时测指的王际江副参谋长、23基地技术处处长王立春同志对大家的工作给予了充分肯定，王副参谋长还对718双频设备在建造试验过程中首先完成上船安装调试，开始与全船联调并打通信道，在580任务中率先发现目标的成绩给予了热情的评价。

船不停地往北偏西方向行驶，返航途中基本上是进行总结，开展评功评奖活动。生活安排更休闲一些，人们在甲板上慢跑散步，做做体操，观赏太阳从碧波荡漾的海面出入，那朝霞的异彩，夕阳的余辉，使人心旷神怡。晚上几乎每天都有电影，尽管大都看过，然而观众仍然很多，兴致勃勃。返程中也遇到过一些外国侦察机，但已回归，大家对它们很少给予理会。

经过10天的航程，海上编队于6月2日回到长江口。6月4日在吴淞口海军大礼堂召开了隆重的欢迎大会，中央军委叶剑英副主席亲切接见了海上编队的代表，并在草坪上同大家合影。6月5日，我们随远望号返回江阴，在码头举行了隆重的欢迎仪式，许多少年儿童载歌载舞，迎接着我们这些普通的战士。我们为祖国的强大，为航天事业新的成就感到骄傲，也为能在这一事业中尽一份自己的努力而感到光荣。

远程运载火箭海上测量任务从4月24日江阴码头出航到6月5日回到原地，历时43天。"三抓"任务首战太平洋的胜利，在我国航天史上写下了具有历史意义的篇章。6月10日在首都人民大会堂召开了隆重大会，热烈庆祝我国向太平洋发射运载火箭的成功，党和国家领导人邓小平、胡耀邦、李先念、陈云、彭真、徐向前等都出席了大会。"三抓"任务首战告捷，不仅表明了我国在掌握尖端

精密科学技术道路上迈出了重要的一步，也大大鼓舞了全国人民，为推进我国航天事业的发展立下了不可磨灭的功勋。

作者系五院504所副总工程师、研究员

三下太平洋纪实

姜永友

一

在浩瀚的太平洋上，威武雄壮的测量船编队，正乘风破浪，驶向预定海域。这支规模庞大的测量船编队，担负着我国首次向太平洋海域发射运载火箭试验的打捞回收仪器舱和海上测量任务。

1980 年 5 月 1 日上午 9 时，由“远望号”测量船、“向阳红”十号船、打捞一号船等十几艘舰船和两架直升飞机组成的测量船编队集结在东海海域的绿华山北锚地启航点，待命出航。

北京遥测技术研究所的两名高级工程师和 23 名工程技术人员肩负重托，被分配在六艘测量船上参加了这次光荣而艰巨的远航。这是他们有生以来第一次出海远征，也是我国科学工作者向笼罩着神秘色彩的太平洋的一次挑战，因此感觉既新鲜又陌生，心情既激动又不安。

高级工程师钱明达身高体胖，患有高血压病史，船刚一离开吴淞口，他就开始晕船了，吃不下、喝不下、头疼得仿佛像要炸裂开似的，然

而跟踪系统的联调需要他，而他的心也离不开跟踪系统；磁记录器工程师辛龙生虽然有个篮球运动员般的身板，但也挡不住晕船的滋味，吐到最后连胆汁都要吐光了，即使是这样，他负责的磁记录器系统的综合测试一点都未曾耽搁……

5月9日晚上23时10分，船队经过205小时30分的航行，抵达位于北纬1°，东经165°30′的测量点。此处视瑙鲁国方位137°，距离启航点3423海里。旅途的辛苦，联试的紧张，甚至心中产生的一种莫名其妙的孤独感……但是，没有时间调整思绪，没有时间舒缓紧张，他们马上又投入到发射运载火箭前的最后一次总检查的紧张战斗。

5月18日，从祖国西北边陲发射场传来的信息得知，戈壁滩上晴空万里，风和日丽，待发的火箭已耸立在高高的塔架上。运载火箭就要从这里拔地而起，直上九霄。而此时此刻南太平洋上波光粼粼，海空白云朵朵，科学工作者满面春风地期盼着运载火箭的飞临。

所有的技术人员都在各自的岗位上，全神贯注地等待火箭发射时点火命令的下达。

运载火箭在祖国西北大地上腾空而起的那一瞬间，远隔重洋的测量船编队立即就收到了火箭点火起飞的信息。在中心电子计算机的控制下，雷达天线、遥测天线、电子经纬仪光学测量系统都朝着火箭即将飞来的方向进行着严密地搜索。同时，我们的工程技术人员，目不转睛地盯着荧光屏……

测量船以九节航速在固定的航向上匀速前进着。为了确保船体航行中摆幅最小，船体中央的防摇鳍也开动起来了，以满足测量数据准确的要求。当遥测跟踪系统的光点显示屏幕上刚刚露出目标的一霎间，机敏灵活的张力余工程师立即准确无误地判断出是目标的闪动。于是，他通过荧光屏里光点运动轨迹，迅速捕获了目标，闭合了自动跟踪系统的控制键，遥测跟踪系统天线稳定地跟踪

了目标。运载火箭飞行状态的各种参数:发动机、箭体壁温、仪器舱噪音、火箭振动等都在遥测数据处理的大屏幕上显示出工作正常的各种符号。运载火箭按着预定轨道向着落点飞去。

此刻,运载火箭已经飞行了1800多秒,火箭头部迅速下落。火箭溅落在南太平洋预定的落点,顷刻间激起了高达100多米的水柱,恰似一条巨大的蛟龙,披着多彩的鳞光,跃出水面,腾空而起。紧接着一声巨响,如同滚滚沉雷。火箭头部放置的海水染色剂立刻将落点周围的海水染成一片碧绿,煞是壮观!此时打捞回收仪器舱的工作开始了:直升飞机迅速而准确地测出落点座标并发出引导信号;另一架直升飞机按着引导的信息,拨转机头,穿云破雾,准确地驶向落点;年轻的潜水员腰系缆绳,一头潜入太平洋中。他娴熟地工作,好像杂技演员在做空中飞人的精采表演,只见他双手轻盈地拨水,两脚不停地游动,一秒钟、二秒钟……一分钟、二分钟……潜水员仅仅用了5分钟20秒,就把回收仪器舱打捞上来了。这个仪器舱,是我们多年来的科研成果,饱含着我们广大科学工作者多少年的心血啊!

北京遥测技术研究所的工程师们为了今天成功,整整奋战了十个月。那是多么不平常的、令人难以忘怀的十个月啊。

北京的304试验场,是遥测跟踪系统出所前联调、校飞的中心。在那里要进行遥测系统的模拟试验,自动跟踪系统的动态校飞,数据处理系统的综合测试。担任这项工作的技术总指挥是李秉常同志。

作为总体室主任的李秉常一直战斗在最前线。接收机统调由他指挥,跟踪系统校飞由他领导,数字引导系统指标鉴定更少不了他。这位50年代的大学生,对遥测技术有一股特别的钻劲,对工作特别地执著。他经常与同志们一道加班到深夜,长此以往积劳成疾,身体状况直线下滑。人消瘦了,心房纤颤得厉害,严重的胃病也复发了,在试验场往往嚼几块饼干来充饥,但他一声不吭。同志们

劝他去看病，医生执意要收留他住进医院。可是，他为了遥测系统尽早出厂，为了能按期赶上遥测系统装船日期，为了圆满地完成我国向太平洋发射运载火箭的试验任务，他在医院没住上几天，就跑回试验场工作了。多么高尚的情操！多么可贵的忘我精神！

二

1984年元旦刚过，为了执行试验卫星的发射任务，四艘测量船第二次驶向太平洋。这次远航的特点是单枪匹马，独立作战。船间相距数千里，因此对测量任务的要求、设备技术状态、跟踪弧段都要精确计算。任务之重，困难之大是可想而知的。

北京遥测技术研究所的工程技术人员被分配在三艘测量船上。他们的任务是对运载火箭第二级、第三级进行遥测参数的测量、实时传输和记录；同时对试验卫星参数也要进行实时传输和处理，为判断故障、指令下达、工作状态监视提供必要的信息。更为重要的是必须准确提供卫星第一远地点的测角数据，以保证国内测量控制中心捕获卫星在轨道上运行第二圈远地点的重要信息。

航程最长的“远望二号”船于元月8日上午9时50分在一声长笛中，首先启航，开始了漫长的航行。

出航的第三天，也就是元月11日上午10时，“远望二号”船从第四号报位点向第五号报位点航行途中突遇大风，实测阵风速30米/秒。咆哮的大海掀起了万丈波澜，海浪拍打着船舷，并不断地发出一阵阵巨大的隆隆声，使你感到仿佛在千百面战鼓的齐鸣里，似乎正有千军万马向这里奔腾。在这样的恶劣环境里，人们感到恐惧、慌张和不安。但是由于试验任务繁重，时间紧迫，即使是面临恶劣的海情也不能中断工作。

接收机工程师常复兴手拿电缆，紧紧握住舷梯，吃力地爬向船头的桅杆，焦急地准备进行近场标校试验和低仰角捕获试验。突然

一个浪头打来，把他浑身上下都浇湿了。他只是下意识地用手擦了擦脸上又苦又咸的海水，又继续工作了。风越来越大，大海也越来越使性子，这时风力已高达十一级，浪高六米多，万吨巨轮不仅摇晃严重，而且上下升沉。此时此刻人们已无法想象眼前的大海曾经以它动人的姿容令人迷恋；以绚丽的波光和温柔的浪涛曾给人留下浪漫的记忆。此时站在桅杆上的小常，拼命地与海浪抗争，非常艰苦地完成了近场标校和角度捕获的一切准备工作。

"远望一号"船和"远望三号"船出航日期虽然推迟了两天，但也未能躲过这场狂风。

"远望三号"船船尾甲板上的两辆超短波跟踪车，真可以称得上是经了风雨，见了世面。大风侵袭的时候，三号船的同志们正在做自动跟踪系统的联调。大家心里明白，三号船自动跟踪性能的好坏将直接影响本次试验卫星任务的成败。因为三号船位于国内测量站与海上其他船站的第一接力棒位置，起着承前启后的作用。测量得好，就可以减低航区站和后续海上站的压力；测量得不好，遥测数据不仅不能连续接收而且有可能失去很多监测、控制卫星的机会，其后果是不堪设想的。年轻的工程师黄达璋同志是三号船遥测系统负责人，平时内向寡言，温文尔雅。然而他在大风大浪袭击超短波自跟踪车的时候，却一反常态："跟踪天线马上锁紧！""跟踪车加固！"……不似命令，胜似命令，六个同伴格外沉着、镇静、紧张而有秩序地坚守各自的岗位，经历着大风大浪的严峻考验。

紧张的工作过后，船上的生活也颇有情趣。元月 19 日上午 10 时 59 分，"远望二号"船过赤道。按照国际惯例船要鸣笛一分钟。那天上午正赶上休息，很多人不约而同来到甲板上，面对船头，两脚分开，这表示脚踩两半球。大家自豪地说："一个人不曾到过赤道是个遗憾；到了赤道不曾立足两半球更是遗憾。"此时，联想到厄瓜多尔这个赤道之国，真是别有一番风味。厄瓜多尔在西班牙语中意思是赤道，这个国家的首都叫基多城，基多正处在赤道线上。基多城

北20公里处修一座赤道碑，沿着碑在通向广场的道路上划条表示赤道的白线。基多城的人们喜欢在广场上两脚分跨在白线南北，以表示立足在两个半球上。这与我们今天在海上过赤道的作法，有异曲同工之妙。

元月20日、23日连续两次进行了全区合练，“远望一号”船、二号船、三号船工作状态正常。大家期待着元月29日的试验卫星发射的成功。

三

发射地球同步通信卫星是我国航天技术发展的一个里程碑。我国是继美国、俄罗斯、法国之后第四个能独立研制并具有发射能力的国家。因此，测量船队为能承担这项海上跟踪测量任务，感到无比自豪和异常激动。为了赶在通信卫星发射前抵达目的地，“远望一号”、“远望二号”和“远望三号”船组成的测量船队提前启航，于1984年3月22日上午7时30分就离开了祖国的停泊锚地，第三次驶向太平洋。

这次远航对于那些已经执行两次任务的参试人员来讲，该是稳操胜券了。大海好像故意捉弄人，“海龙王”又发怒了。船队刚开出锚地不久，就开始剧烈地摇晃。太平洋的天，也像孩子的脸，说变就变。猛然间，乌云滚滚而来，狂风夹着暴雨，袭击着测量船队。测量船队劈风斩浪，全速前进，很快便驶向了菲律宾海域。这里海水深度超过六千米，涌浪高达十二米，船摇已超过±10度。虽然人们已经有两次远航经验，虽然人们已经四次经过菲律宾海域，但在这第五次驶入时，人们却终于难以抵挡剧烈的晕船威胁了。饭厅里用餐的人少得可怜，甲板上也看不到人们散步了，大部分同志都在卧床不起，连老水手都说：“这次风浪可称得上出海之最了！”

对搞科学的人来说，勤奋就是成功之本。在这种恶劣海情下，

不少同志仍然紧张工作。通信卫星第一远地点测量是这次通信卫星发射、入轨成败的重要标志。国防科工委领导张爱萍专门向二号船拍发了紧急电报，明确指示："第一远地点测量不是力争，而是要确保完成任务。"

发射通信卫星的神圣任务，领导的重要指示，全国人民的殷切希望，全都化为了执行任务同志的具体行动。

回想起那曾经有过的一个个不眠之夜，让人难以平静。第一远地点测量接收机研制任务的正式下达是在 1983 年初，总体设计、电路试验、下厂生产、系统联调、星地对接、模拟试验等工作必须在一年的时间里完成。否则后果不可想象。接收机工程师高全辉被分配在二号船上，不管海情多么恶劣仍然坚持在工作岗位上。第一次出海前，他因支气管扩张而咯血，住进医院进行抢救。接下来的两次远航，他一天到晚仿佛有使不完的劲。常复兴工程师即使是在经过菲律宾海域时严重晕船的情况下，还是抓紧时间做接收第一远地点信号的各种门限试验。在舱室里，只见他时而抬头看看示波器，时而低头沉思，时而又在快速地记录着。他为这次实战积累着一个又一个的试验数据，做出了各种应急设想。为了完成通信卫星第一远地点的跟踪测量，不知他付出了多少心血。

在茫茫的宇宙空间里，欲捕获四万公里远的卫星，真好比大海捞针，难度很大。为了快速而准确地捕获目标，工程师们将编好的程序输入到伺服控制的数字引导环路中去，使遥测天线能按预定程序对准卫星即将飞来的方向，严密地搜索目标。空间角度捕获目标是第一远地测量成功与否的前提。这种模拟试验需要船上各个部门的紧密配合，协调一致，才能获得成功。在这次八天八夜的航海阶段，共经过了十几次卫星模拟试验和空间角度搜捕试验，取得了大量的极其宝贵的试验数据，为通信卫星发射和海上测量，做了非常充分的准备。

1984 年 4 月 8 日北京时间 19 时 21 分(太平洋时间 22 时 21

分)，运载火箭载着我国自行研制的通信卫星从西昌发射场升空。运载火箭拔地而起，融入苍穹。这时“远望二号”船通过卫星通信网不断接收到来自祖国各个测控站发出的振奋人心的“遥测正常”、“跟踪正常”等好消息。人们欢呼、雀跃，整个“远望二号”船一下子沸腾了。

按习惯，在船上工作的人，都有一个自我保护的“经验”：在船上只能走小步，走碎步，手总是扶着栏杆。但是此时，大家都跨着大步，奔走相告，雀跃欢呼，互相道贺。

在这欢庆胜利的时刻，“远望一号”、“远望二号”船本该凯旋返程，庆祝成功了。然而，卫星的第一远地点测量任务还没完成，还有待于去拼搏。二号船立即调转船头，以 18 节航速前进五小时到达了为接收卫星第一远地点参数的测量海域。全船一级口令，各岗位人员齐备，一场新的战斗又打响了。

无论是舱室里，还是在甲板上；无论是一岗操作手，还是科技工作者都处于高度紧张状态。跟踪控制室显得格外安静。就连光点显示屏、数码管好像也在待命，在迎候远方客人的到来；遥测天线按预定程序工作着，似乎信心百倍地，准备给出一个令人惊喜万分的信号来！虽然第一远地点测量条件差、接收仰角低、轨道偏差大、作用距离远、接收场强十分微弱，但大家相信，一分耕耘，一分收获。“功夫不负有心人”，完成第一远点测量任务应该是十拿九稳。

1984 年 4 月 9 日凌晨，夜空还是那样静，辽阔的海洋还是那样深沉，大家焦急等待的通信卫星就要从西半球升起。跟踪控制室主控台前的操作手紧紧握住操纵杆，双眸盯住 30 公分大的光点显示屏，计算机送来的引导信息不断刷新数据管的显示符号，人们屏住了呼吸……通信卫星的光点终于出现了，此时是北京时间 4 月 9 日 2 时 13 分(太平洋时间 5 时 13 分)。遥测天线波束捕捉了目标，立即转入自动跟踪状态。接收机锁定信号向全船各个信息汇集

点发出，第一远地点测量数据通过电波源源不断地回传到卫星测量中心。这个极其宝贵的数据为卫星准确入轨提供了重要信息。

“远望二号”船于1984年4月17日上午6时23分回到祖国的绿华山启航点。中国航天史上记下了这次重要的航程，航行590小时40分，总航程8747海里。

北京遥测技术研究所工程技术人员随船三下太平洋，圆满地完成了国家和人民赋予的光荣而艰巨的任务，为我国航天事业的发展，为中国航天事业的腾飞做出了重要的贡献。

作者系一院704所副所长、研究员

第三篇

飞翔太空

综　述

1970 年 4 月 24 日，太空奏响《东方红》的乐曲声，中国第一颗人造卫星上天遨游，开创了中国航天的新纪元。

我国研制和发射的人造卫星，在浩瀚的空间闪耀光芒，表明它在征服太空的宏伟事业中占有一席位置。在空间技术的发展中，经过失利的痛楚，更多的是成功的喜悦，令人欢欣的是航天战线广大科技人员和工人百折不挠，顽强拼搏，集智攻关，攀登高峰，创造出一个个举世瞩目的成就。

28 年间，我国跟踪世界航天技术的发展，先后研制成功长征系列运载火箭 9 种型号，从低轨道到高轨道，从低运载能力到高运载能力，具备了发射近地轨道、太阳同步轨道、地球静止轨道卫星的能力，而且由于长征 2 号 E 火箭和长征 3 号乙火箭采用捆绑技术，使低轨道和静止轨道运载有效载荷的能力大幅度提高，可靠性和入轨精度达到了较高水平。截止 1998 年

10 月，我国用这些运载火箭已发射成功不同类型的国产卫星 41 颗，包括科学实验、国土普查、广播通信、气象等各种用途的应用卫星。其中卫星回收技术、一箭多星技术、静止卫星发射技术、卫星测控技术、高能低温燃料火箭技术等领域，都已达到国际先进水平。

箭鸣翔天，卫星飞驰，壮我国威，造福人民。1978 年邓小平指出：中国是发展中国家，在空间技术方面，不参加太空竞赛，要把力量集中到急用实用的卫星上来。这一指示明确了我国空间技术发展的方向。我国发射和回收的返回式遥感卫星所获得的遥感资料，已经在众多的国民经济部门得到广泛应用，发挥着很好的效益；在静止轨道上凌空遨游的通信广播卫星，转播电视节目，开通远距离通信，发展电视教育，促进了现代化的通信事业；在地球静止轨道和太阳同步轨道上巡天翱翔的气象卫星，为天气预报、灾害监测服务，极大地提高了气象观测水平。我国正在研制的地球资源等卫星，将开辟新的应用领域。我国多种应用卫星的发展，带动了多个新兴学科和高新技术的发展，推动了许多工业技术的革新和进步，对国民经济和社会发展产生了重要影响。

我国空间技术获得了飞跃发展，特别是运载火箭技术和卫星发射测控技术跨入了世界先进行列。中国航天为世界刮目相看，已在国际上树立起了崭新的形象。

长征一号运载火箭的研制回顾

沈 家 楠

1958 年初，我从原通讯兵电子科学院调入国防部五院二分院第一专业设计部（现航天十二所）。当时，工作地点只有孤零零几幢旧楼，荒草满地，荆棘丛生。就是在这样的条件下，开始搞起我国的火箭控制系统研制工作来。那时，整个队伍中几乎所有人对这门技术都是“门外汉”。我们遵循毛主席“自力更生为主，力争外援为辅”的指示，大家干劲十足，都为能投身这一伟大事业而感到自豪。办公室里的灯光经常彻夜不熄。我们当中年纪最大的黄纬禄同志带头学习，年轻人更不甘落后，你追我赶。回想起这种情景是异常动人的。

1965 年，以周恩来总理为首的中央专委批准了研制我国第一颗人造地球卫星工程的计划，称“六五一”工程。计划中提出争取在 1970 年左右发射。为了尽快实现这个目标，我们根据当时的实际情况，决定研制长征一号运载火箭，发射我国第一颗人造地球卫星。这对参加这项

工作的同志来讲，既是莫大的鼓舞，又是极大的压力。

1966年开始的文化大革命，使这项工作处于危难之中。我们在逆境中奋战。在最困难的时候，敬爱的周总理经常给予鼓励和指示。我记得，1969年6月8日传达了周总理的报告，6月17日、7月1日，又两次传达了周总理的指示。7月25日，我还荣幸地去中南海国务院会议厅聆听周总理讲话。看到总理精神抖擞，声音洪亮，大家内心有说不出的高兴。同时，看到总理由于操劳过度，两鬓已斑白，心里又很难过。回来后，大家精神振奋，一直讨论到凌晨两点。领导同志于7月26日至29日向大家作了正式传达。周总理的关怀，大大鼓舞了士气。特别是参加控制系统综合试验的同志，夜以继日，加班加点。尽管大院内派仗不停，而我们这些同志"不管风吹浪打"，全力投身到这项工作中。夜深了，大地黑黝黝的，人们都安睡了，但综合试验室里仍然灯火辉煌，大家聚精会神地工作着。特别值得一提的是，当时已"靠边站"的党委副书记郭苋同志，还经常自己花钱买吃的东西到第一线来慰劳大家。这亲切的关怀激励着同志们知难而进，一往无前。

好事多磨。1969年冬，运载火箭飞行试验遇到了挫折，设计人员和工人师傅艰苦拼搏，针对出现的故障改进了设计，增加了地面测试项目，对一些关键部件和线路采取了可靠性措施，仅用了两个月时间终于在1970年年初发射成功，为发射我国第一颗人造地球卫星创造了条件。

对发射我国第一颗人造地球卫星的任务，我们进行了审慎分析，认为系统设计是有把握的，主要矛盾是元器件的质量问题。设计人员和工人师傅一起精心挑选了可靠性最高的整机，作为第一枚卫星运载火箭的装箭产品。在装箭前，补充了一些没有破坏性的环境试验，增加了可靠性措施。这一枚的验收综合试验更是精益求精，由于关键仪器采用了数字线路，对于干扰问题尤为注意。总之，各种能想到的措施都采用了。

3月26日，发射我国第一颗人造地球卫星的运载火箭(长征一号)经周总理批准出厂。周总理告诫大家："千万不要认为工作已经做好了。一定要过细地做工作，要搞故障预想，对各种可能的情况展开讨论。"

发射场的测试工作进行得很顺利。4月20日在高高的发射塔架脚下，悬挂着周总理提出的"安全可靠，万无一失，准确入轨，及时预报"16个大字。23日16时，全部检查工作顺利结束。24日，下达了可以发射的命令。周总理坐镇北京，基地的指战员严阵以待。21时20分喇叭里传达了周总理的命令："工作要准确，不要慌张，不要性急，要沉着、谨慎，把工作做好！"21时35分，火箭点火。一声巨响，火箭离开了发射台。当我在地下室的有线电视屏幕上看到起飞的一刹那时，拔腿就往外跑，地下室的通道又狭又长，队长任新民同志和我跑在前面，年轻的同志争着想往外冲，但前面被我们两人挡住了，他们又不好意思催，真是急坏了。其实，我们两人也跑得很快了。跑到外面，只见美丽的火箭划破夜空，直奔东南方而去。火箭越飞越高，越来越小，隐隐约约看到两个黑点，看来两级分离正常了。一会儿看不见目标了，我们又赶快跑回地下室听广播。喇叭里传来"捕获目标"、"跟踪正常"、"飞行正常"、"二、三级分离正常"、"卫星进入轨道"等捷报。地下室里一片欢腾，大家激动得流出了眼泪，高呼"毛主席万岁！"《东方红》乐曲响彻云霄，全国人民共庆这个伟大的胜利。毛主席发出的"我们也要搞人造卫星"的伟大号召实现了，我国航天事业开始了新的纪元。

我国发射的第一颗人造地球卫星的重量，与苏、美、法、日四国第一颗人造卫星加起来的重量相当；是第一次发射就成功的，而美国尤其是日本都是经过几次失败后才发射成功的；我们的运载火箭用的元器件全是国产的，而日本的控制系统中的关键器件是借用了美国的惯性器件。我国第一颗人造地球卫星的发射成功，为提高我国的国际威望起了一定的作用。

历史的回顾，应该用来促进我们更好地去攀登新的科学技术高峰。我虽已耄耋之年，但每当回忆起这段往事，就激励我奋发图强。"老骥伏枥，志在千里"，在我有生之年，首先要努力学习邓小平理论，在以江泽民同志为核心的党中央领导下，为建设有中国特色的社会主义祖国的美好大厦添砖加瓦，贡献余热。

作者系一院12所原科技委主任、研究员

为了东方红一号卫星上天

张 贵 田

梦幻总是美好的，而与现实的重合却是艰难的！

1970 年 4 月 24 日，我国第一颗人造地球卫星发射成功了。当“东方红”乐曲在茫茫宇宙响起来的时候，我和所有在场的参射人员一样，心潮澎湃、雀跃欢呼，幸福的热泪夺眶而出。因为，那推动希望之星上天的火箭发动机，是我们负责长征一号运载火箭发动机研制任务的全体同志，用心血凝聚而成的啊！

二十几年过去了，而今，每当我想起那段历程，总是激动不已，感慨万千。在当时的历史条件下，我们能克服各种困难，按时完成发动机的攻关研制任务，的确是件不容易的事情。这是坚持独立自主，充分发扬自力更生、艰苦奋斗、大力协同、无私奉献、严谨务实、勇于攀登的航天精神所取得的伟大成果。它在中国航天史册上，留下了光辉的一页！

啃下两块“硬骨头”

1965年1月，党中央作出了研制我国第一颗人造地球卫星的决定，任务代号“651工程”。我当时任火箭发动机副主任设计师，承担了二级火箭发动机的研制任务。为了使其早日研制成功，五年多来，我们一直奔波在南苑研究所、云岗101试验站和长城外康庄的生产厂家之间。

二级火箭发动机是我国第一台高空发动机，工作在60公里以上高空。对此，如何保证发动机高空顺利点火起动，便成了研制工作中的首要技术难关。我们从实际出发，根据发动机燃料和氧化剂相遇就自燃点火的情况，审慎研究分析，反复试验论证，结果表明：在三相点以上的环境下推进剂点火，会引起点火延迟而增加进入燃烧室的组元积存，还可能出现爆燃，导致压力峰值突增过高，破坏发动机的正常工作，造成发动机部件损坏。

问题严重而棘手！怎么办？

在发达国家，为进行这类研究试验，要专门建设模拟高空环境的试车台，这类试车台设备庞大复杂，自动化程度高，造价昂贵。由于各种条件所限，我国不能照搬那一套，只能谋求新的解决办法，我们步入了独辟蹊径的艰难之中。不久，我们从真空舱内得出了一组令人惊喜的试验数据：在一个大气压力下，当两组元接触后，硝酸27和偏二甲肼的点火迟滞期为4～5毫秒。而当环境压力在三相点以上时，其点火迟滞期为7～9秒。这样，第一批进入燃烧室的推进剂积存量要比允许值大得多，加之高空雾化混合不好及三相物态的存在，造成起动高压力峰是很有可能的。

随着问题的进一步明朗深入，我们反复精心研究，为二级发动机造成一个在高空跟地面一样的点火环境，并进一步改造了发动机有关系统，保证两组元进入燃烧室有合适的时差，采取在燃烧室

喉部粘合堵盖、副系统加薄膜等措施，确保发动机起动时，所有腔道保持有一个大气压。

科学之路坎坷不平！我们闯过了高空点火隘口，而新的“拦路虎”又挡住了去路——如何提高发动机的比冲。更可怕的是，这时“文革”开始了，在那个人妖颠倒的岁月里，早年留苏的我，更是在劫难逃，“苏修特务”、“白专道路”、“以生产压革命”的帽子，上下翻飞。不久，我的“副主任设计师”权就被剥夺了。我委屈、我痛苦、我的心灵在哭泣！可为了651工程，为了中华民族千百年的飞天梦，我不能颓废妥协呀！

心灯再次点亮了……

研究结果告诉我们：增加燃烧室大喷管的膨胀比，是提高发动机比冲的关键举措之一，它可使燃烧室喷出的高温、高压燃气进一步膨胀，将推进剂的化学能最大限度地转化成发动机的动能。

我们选择了重量轻、耐高温、高压燃气的钛合金材料。强力旋压成型、喷涂耐高温防护层……生产车间里，机器轰鸣，弧光四射，金属尘碴飞溅。终于，第一个大喷管生产出来了。但由于钛合金钣材加工难度大，报废率高，造价昂贵等种种原因，此方案最后被放弃了。

垂首静气，重担再换肩头！我们改用玻璃钢材料，重新研制生产。当时，玻璃钢大喷管设计在南苑，而生产却在长城外康庄的251厂，两地相距几十公里。为解决生产设计问题，我们风雨不误，不停地来回奔波。长城胜景，驰誉中外，山花烂漫、冬雪莹丽、高古博深的秦砖楼垛逶迤不尽。可每次过往，我们都无暇、更没心思去游览观赏。那时，康庄的路并非“康庄大道”，一路卵石“麻脸”。乘不上火车，我们就走老远赶搭长途汽车。拉产品时，瘦弱的我，屁股受不了大卡车的强烈颠簸蹭磨，只能站去立回。

无数个风雨日夜过去了，大家的脸又瘦了一圈。在失败、改进，再失败、再改进中，玻璃钢喷管日见成形了。用浸过树脂的玻璃布

在模胎上层层缠绕；高温固化、车加工；完成金属法兰盘与非金属连结；在内壁外层贴蜂窝、缠加强层……一道道工序缜密井然，理想的玻璃钢大喷管，终于在大家血汗的浸泡下诞生了。

大漠孤烟“寻宝”路

高空点火和大喷管问题的解决，加快了我国第一颗人造地球卫星发射上天的步伐。

一切工作紧锣密鼓！

为保证第一颗卫星上天的万无一失，1970 年 1 月用新研制的中远程导弹，先发射了一枚试验弹。从监测数据看，二级发动机高空点火、起动、关机等环节的工作情况正常。为进一步掌握二级发动机上天工作情况的第一手资料，必须找回试验弹发动机残骸，以便分析评价其可靠性。

我找到任新民主任，主动请缨去大漠落点找残骸。

“春节快到了，你去呀？”任主任沉默了一会说：“那地方可苦呀！”

“我不怕，我只想看看上天工作过的产品情况，以便将来定型改进好有针对性。”

任新民主任点点头，同意了。

新春佳节，正是普天同庆、合家团聚的时刻，而我和任吉杰、李香保及 508 所的姓高的一位同志，却一路风尘于大年三十辗转到了陌生的酒泉。到了酒泉机场，才知道春节飞机停飞，要到初二才有飞往乌鲁木齐的航班。远处街灯闪烁，辞旧迎新的爆竹，声声阵阵，为我们渲染了一种并不和谐的温馨。躲在招待所，我们食不甘味、坐卧不安——我们担心耽搁久了，残骸会被风沙埋掉。枯寂的等待中，一股浓浓的佳节思亲之情，悄然袭上心头，我想起了独撑家庭重担的妻子，想起了才三岁多的小女……总算盼到初二，我们

飞到了乌鲁木齐，接着下南疆到和田，一路心急如焚，嘴角起满了“火泡”。

有歌谣云：“天上没有鸟，地上不长草，沙飞天地暗，风吹沙石跑。”这就是大漠戈壁！初七，我们从和田踏上了通往民丰落点的道路。沙石路上，尘沙飞扬，六轮军用大卡车痛苦地做着“振动试验”。渴了，就拿出水壶，抿一口润润嗓子，饿了，就把大米和军用豆角罐头和在一起煮煮，胡乱打点一下肚子。夜暮时分，我们才赶到民丰落点临时驻地。满身尘沙，一天的疲劳，本打算好好洗洗，谁料，那里“水贵如油”啊，只好简单擦把手脸，吃点东西，倒在大通铺上就睡着了。第二天，天未亮，部队的起床号便把浑身酸疼的我们“吹”了起来，夜色正浓，漆黑一片。我们十几个人骑上骆驼，在维族向导的带领下，开始向沙海进军。

天渐渐亮了，我们“一”字排开，相距十几米，开始了“沙海捞针”。沙漠中行走，不同陆地，因流沙后移，每跨一大步，都要后退半步，腿肚子一拉一紧，要不多久，腿便酸疼僵硬了。沙海波浪相拥，绵延无际，没有任何生命，听不到任何声音，只有夹在沙丘间的那块青天，在单调地衬托一种透彻肌肤的死一般的寂静——静得可怕、静得孤独、静得无助。我们一会儿爬上沙丘，一会儿又跌进谷底，不停地向前“梳”、向前搜。

一个小时，又一个小时过去了。太阳爬到了眼前，太阳又攀上了头顶。12点左右，我们终于发现“宝贝”了。大家雀跃着，连滚带爬地奔过去——是二级发动机燃烧室和机架。它静静地卧在沙丘上，光溜溜的，像个顽皮的熟睡着的胖宝宝。我们抚摸着它，翻来倒去，详细地察看了又察看，内壁光洁无损，亮堂堂的，一点高温高压烧蚀冲刷过的疤痕都没有，真漂亮……下午五六点钟，我们又陆续找到了程配器、弹上放大器等组件残骸。

漠风渐大，又一个大漠之夜来临了。我们带上那些“宝贝”，在维族向导引领下，找到一条小河，清澈欢快的河水，冲去了我们连

日来的风尘疲劳。架锅支灶，篝火熊熊，吃完大米和豆角罐头烩出的饭菜，我们裹紧老羊皮袄，半躺半坐在沙窝里，在说笑声中睡着了。可睡了一会，寒冷的漠风就把我们冻醒了，大家只好爬起来，围着沙丘跑跑跳跳，暖和了再睡。我们就这样睡睡跑跑、跑跑睡睡地度过了一个寒冷而又兴奋的夜晚。

东归复西征

回到发射基地，脚未站稳，便听到军管会令我速回北京的消息。我心里"咯噔"一下，忐忑起来，"文革"高潮，风云变幻莫测，我不知此行福兮祸兮。

也许是沙漠里找残骸太劳累的缘故，再加上福祸未卜的紧急归京的压力，回到北京我就病倒了。最严重那天，我竟给烧晕了，倒在床上一天滴水未进。幸亏在食堂一起就餐的刘国球、任吉杰二位同志心细，见我整天不去吃饭，心疑，闯进了我宿舍，他俩见我双眼微闭，脸烧得红红的，嘴唇上起满大泡，吓坏了，忙给我喂水，架到医院。我得的是腮腺炎，第二天，脖子开始肿大，接着下身也肿了起来……

原来，急召我回京的目的是要我抓紧完成第一颗卫星现场发射的有关工作后，要调我去"三线"工作。听完革委会副主任马迎春同志的安排，我高兴极了，尽管有人说我"走白专道路"，总想叫我靠边站，甚至招来人格侮辱，但领导和党组织还是非常相信支持我的，我感到了温暖和慰藉。可紧要关头我却病成这个样子，不由得一阵心酸！我咬着牙，不停对自己说："要挺住，一定要挺住！651任务还在等着你呢！"于是，病刚好转，我便奔向酒泉发射场。

火车呼啸急驰，载着我的病体，辗着我急切的心，向西、再向西、跨过黄河，穿越八百里秦川，当火车行驶到天水与兰州之间的时候，病体又渐渐不适起来。半夜解手，刚进厕所，便支持不住了。

心想，这样冷的天，可别倒在厕所里，但虚弱之极的身子实在是不听使唤，在我下意识地挪出厕所之后，头一晕，眼一黑，终于倒下了。也不知过了多久，我被门推醒了，原来我晕倒在通往车厢的门口，把门堵住了，是一个列车检修工人从那里路过，才把我推醒。当时我只穿一件毛衣，身上冰凉，出了一身冷汗。真要感谢那位工人师傅，否则我会连病再冻，死在那里的。

一到酒泉发射场，我就和各路人马开始了紧张的发射前准备工作。根据试验弹的发射情况及发动机过去出现过的一些问题，尽管我们在发动机出厂前，进行了一次又一次的认真细致检查，但还是提心吊胆的。这可是中国的第一颗星啊，是“争气星”。它系着中华民族千百年来的希望啊！我们昼夜奋战，穿梭在发射塔架上，对每一个系统、部件都查了再查，甚至连别的技术人员进发动机舱装测仪器，我们都要陪伴进去，很怕人家拉扯碰坏了发动机管线。

二、三月的戈壁滩，天气还很冷，狂风蛮悍遒劲，肆虐不定，把塔架摇晃得嗡嗡作响。我们站在塔架上，即使穿着皮大衣，也抵挡不住那冷风冷声制造出的冷效应。经过两个月的艰苦工作，发射前的一切准备工作终于就绪了，而我的心，却仍悬在那高高的发射塔架上！

中国，不眠之夜

乾坤，急不可待地托起了1970年4月24日的夜晚！

酒泉卫星发射场，灯火通明，空气紧张而凝重，人们在焦急地等待那一神圣时刻的到来。

晚8点，发射指挥员下达了“一小时准备”的命令。控制室、监测间里的操作技术人员，各就各位，目光紧紧地“钉”在了各种仪表显示器上，发射架、场坪上的工作人员，也开始陆续撤离疏散到了指定地点。

时间一分、一秒地划过人们的心头。大喇叭里，传来了发射团杨团长洪亮的声音，他正在转达周总理的嘱咐："工作要准确，不要慌张，要沉着，要谨慎。"发射场区万籁俱静，脐带塔上，安全灯火红一片。场坪上，聚光灯齐放，如白昼一般。这时，矗立在发射架上的运载火箭，显得更加巍峨壮观了。

两颗红色信号弹耀眼而过，我抬头追望，发现8点多钟时还低垂的云层，不知什么时候已躲开了。天幕大开，碧空无际，星星微笑着，眨着美丽的大眼睛，仿佛在迎接一个新伙伴的到来。我顾不上这一切，迅速将目光收束到发射塔上。

最后一次警报响了！指挥员逐一点着各测控台站的名字，人们屏心静气，一动不动，我的心也提到了嗓子眼。静，再静！此刻，仿佛世界上所有的静，都集合到了发射场区，单等那瞬间石破天惊的一动来突破。

发射的时候终于来到了，9点35分，随着指挥员的一声"点火"命令，操作员果断地按下了点火开关。巨大的桔红色火焰立刻喷出了火箭发动机，气流翻滚腾跃，以排山倒海之势，冲出导流槽。火箭拔地而起，离开了发射架，徐徐上升，越飞越快，随着地面遥测跟踪系统不断报告的"飞行正常"，人群沸腾了，掌声和欢呼声响彻夜空。我忘乎所以地蹦着跳着，和所有参试人员一样，沉浸在事业成功的幸福之中。

9点48分，广播里传来了"星箭分离，卫星准确入轨"的喜讯，人群再次沸腾，齐声高呼"毛主席万岁！中国共产党万岁！"

至此，我们为之奋斗了五年之久的651工程任务完成了。东方红一号卫星终于从古老的东方升起来了！

作者系航天总公司科技委副主任，中国工程院院士

中国卫星通信工程的第一颗明珠

张云彤

70年代伊始，我国第一颗卫星发射成功不久，就正式策划卫星通信工程。1970年6月，第一次通信卫星的概念性讨论在中国空间技术研究院进行。这项任务称为七〇六任务。那年的年底，又在京西宾馆召开方案讨论会，在大约一个月的时间里，比较详细地研究了各种卫星方案。这批当时30岁左右的青年人，瞄准当时的世界先进水平，大胆提出研制静止通信卫星的计划。在那个特殊的年代里，科研生产受到极大的干扰，一方面有人把卫星通信工程看成是一个政治任务，提出了一些不切实际的高指标，什么"××年5月1日，用自己的卫星向全世界传播光辉形象……"一方面狠抓"阶级斗争"，"清理阶级队伍"，使科研生产放任自流。几年过去，工程仍处于方案探索阶段，丧失了一次追赶世界先进水平的机遇。直到1975年3月31日，中央批准了卫星通信工程，从那时起，工程开始起步，称为331工程。"四人帮"垮台后，这项工程

列为航天战线上的三大工程之一。工程进度得以加快。

卫星通信工程是一个庞大的系统工程，包括通信卫星、运载火箭、通信地球站、地面测控网、发射场等五大部分。对于我们这个基础薄弱的国家，这五大部分都要从头开始，自行研制。一干就是七八年。

运载火箭要将卫星发射到近地点 200 公里，远地点 35786 公里的大椭圆轨道，或者说运载火箭把卫星送到地球赤道上空 200 公里处，且卫星有 10.2 公里/秒的水平速度。又要轨道面尽量靠近地球赤道平面。当时的火箭是无法完成这一使命的。必须研制新型的火箭。比较多种方案后，选择了当时并不算成熟的液氢液氧高能推进剂的三级火箭方案，火箭被命名为长征三号火箭。这是我国火箭发展史上的关键一步，它的研制成功，不但可以发射静止卫星，而且为研制更大更新的火箭打下了坚实的基础。

卫星发射场又是一个基础工程，当时仅有的酒泉发射场，高纬度不利于静止卫星的发射，从长远看，只有建设新的发射场。1970 年开始选点勘察，最终选在我国西南的四川省西昌地区。发射场地处丛山峻岭之中，海拔 1800 米，地势崎岖不平，修筑公路、铁路常是隧桥相连。加上气候潮湿多露，五、六月进入雨季更是风云突变、雷声轰鸣，给工程的建设带来了巨大的困难，直到 1982 年一期工程完工，基本具备了发射静止卫星的条件。建设者硬是在穷山僻壤上，架起高入云山的发射塔架，巨大的测试厂房、指挥大厅一座座拔地而起。铁路已和成昆线相接，公路蜿蜒曲折可直达西昌。这真是一个人间奇迹。

从火箭起飞到卫星入轨，地面上要飞经八、九千公里。从祖国最南端划过，直向太平洋中心。要进行箭星轨道测量，要接收星箭远测参数，判断其工作状态是否正常。这一切要由地面测控网完成。当时已有的测控站是适合近地卫星的跟踪，无法满足需要。开拓者们又在另一个工程中摆开战场。在渭南的秦岭山麓，建起了测

控中心，在陕南渭南的塬上和闽西的沙县建了两个测控站，巨大的抛物面天线，灵活的转动，随时可以捕获到目标。为了解决海上的测控，建造两艘万吨测量船。发射卫星时它们航行到太平洋的深处，测量卫星和火箭的轨道，监视星箭工作的状况。测量站、船接收的数据及时传输到测控中心。中心配置的大型计算机实时处理成各类信息，供工程人员使用。这套测控网的软件和硬件在当时都可以称得上规模宏大。

通信地球站是直接使用卫星的用户。上行站将电视、电报、电话、传真等等通信信息发向卫星，由卫星转发到各地的接收站，再由接收站传送邻近的千家万户。1972 年美国总统尼克松访华，为了及时报道这一重大历史事件，随行带来一个 10 米口径的可移动通信站。这是在中国大陆的第一座卫星通信地球站。随着 331 工程的启动，我们研制了地球通信站。最先国产的是南京地球站，随后，石家庄、乌鲁木齐、昆明、北京、拉萨等地陆续建起了通信地球站，形成了国内的通信网。目前，数以万计的接收站遍及祖国的山山水水、村村寨寨，清晰、实时收看各地电视节目，已是普通再普通的事了。

通信卫星是连接各个通信地球站的中继站，东方红二号卫星便是我国卫星通信工程的第一颗明珠，它高悬在东经 125°的赤道上空，时时刻刻地为我们传递着各类信息。研制、发射、定点直到投入使用，一代航天人用自己的心血，托起了，终于托起了这颗明珠，托起了事业希望，托起了明天的辉煌。

研　　制

东方红二号卫星是一颗静止卫星。它相对地面观察者始终不动。这样给地面接收站带来极大的方便，天线一经瞄准，就不再需要大的调整。当然卫星并不是真的不动，它运动在一条被称为静止

轨道上。这条轨道距地面 35786 公里，是一条圆轨道，并且轨道平面就在地球赤道平面内，这三个条件要同时成立。当时能发射这样的卫星只有少数几个发达国家。

东方红二号卫星是完完全全的中国货，所有的星载仪器都是自行研制的。其总水平和 70 年代初的国际先进水平相当。卫星由通信转发器、通信天线、远地点发动机、远测、远控、跟踪、热控、姿态轨道控制、电源、结构等十个分系统组成。承制这些分系统的单位分布在北京、上海、陕西、山西等地，多数属于中国空间研究院的研究所和工厂。组成分系统的单机的研制，分布就更广，也可以说，是各行各业大协作的结晶。

卫星总重 900 公斤，星体呈圆筒状，筒的直径 2.1 米。进入静止轨道时重量为 420 公斤，预计寿命 3 年。卫星采用双自旋稳定方式，星体以 40～50 转/分的转速旋转，利用陀螺的定轴性，保证了星体的姿态稳定。另一方面，为了通信天线始终指地，天线部分相对星体作消旋控制，满足了天线对地要求。卫星的通信转发器和通信天线常统称为有效载荷，是卫星的核心。它承担通信地球站之间的通信信息的转发，可以传送电视、电话、广播、数传、传真等多种信息。星上备有两路转发器，工作在 C 频段。通信天线为 7°锥角方向图的喇叭天线，覆盖了我国全部领土、领海及周边的广大区域。星上的其他分系统统称为服务系统。卫星的远测、远控和跟踪又合称为星载测控分系统。采用了先进的微波统一体制。是一种节省电功率、节省重量的新型分系统。采用地面测控站和星上测控分系统组合成的星地大回路控制方式。完成星上工作状态监视、星上状态设置。与星上控制分系统一起完成卫星的姿态机动、转速控制、轨道位置保持控制。热控分系统采用热管均衡热量、表面涂层、包复多层隔热材料、太阳屏、隔热屏，电加热等手段，保证卫星的仪器都工作在正常范围内。电源分系统保证了星上的仪器供电，采用太阳光电池和蓄电池组联合供电的方式。太阳光电池粘贴在卫星筒

体的表面，在光照的时间里，光电池供电同时为蓄电池充电，在进入地影时，太阳光消失，由蓄电池供电，以保证每天 24 小时卫星不间断的工作。远地点发动机是变轨的动力装置，它承担着将星箭分离时的大椭圆轨道机动为静止轨道的重任。静止轨道的精度要求很高，稍有误差便飘然而去。这精雕细刻的工作由控制系统完成，单组元的无水肼小推力器，按照地面测控站的指令喷火，产生推力，进行微调。星上的结构分系统，将星体组装成一整体，同时承受运载火箭发射时产生的推动、加速度等力学环境。东方红二号一共有 252 个较大的部件和仪器。它们承担不同的使命。

研制东方红二号卫星经历了方案论证、初样研制、正样研制的三个阶段。在发射前要经过各种试验。元器件的筛选、老化，单机的电性能测试，单机的温度环境、力学环境试验，分系统级的联试，直到组装成整星级的试验。针对试验中出现的问题，分析原因，改进设计。往往要经过试验——失败——再试验，直到成功。通过一系列试验，使所有的装星产品可以在实际运行的环境可靠地工作。为了进行试验，同时研制了大量的地面设备，耗费了大量的资金和人力。这些设备有：地面综合电性能测试设备，大型振动台，大容积真空罐，模拟噪声场，卫星动平衡机，高精度转台等等，研制这些设备的难度也是相当大的，多数是填补我国的空白，为以后的航天事业的发展打下了基础。在初样阶段进行整星级的大型试验有 5 项：电性星试验、结构星试验、热控星试验、星地大回路试验。在正样阶段进行正样检验星试验、发射星验收试验。经过这些试验，最终证明卫星的性能良好，可以承受发射火箭飞行过程的推动、噪声，也可以长期在高真空、温度环境与地面大不相同的情况下工作。一步一个脚印，大家都有一个共同的心愿，卫星是一个不可维修的复杂系统，千万不要由于疏忽大意，造成系统的失效。

发　射

新的卫星，新的测控网，新的运载火箭，新的发射场，一切准备就绪，已经是1983年了。为了确保卫星以最佳的状态发射升空，空间研究院组成了庞大的试验队，开赴发射场。10月27日中央军委副秘书长张爱萍看望全体试验队员，要求大家把工作做细，千万不要“功亏一篑”。

在发射场的技术厂房，卫星最后检查的测试繁忙、紧张、有序地进行。成千上万个有线和无电测试数据，大家一个一个地观察、记录、分析。不放过一个疑点、一个隐患。这些测试即使在研制过程中重复过多次，也不敢有丝毫的松懈。工作是熟悉的，心情却是紧张的。

1984年1月29日第一次发射，长征三号火箭三级的第二次点火只工作几秒，就突然关机。没有进入预定的大椭圆轨道。多亏火箭的弹道设计师的精细，选择停泊轨道是一个近地卫星轨道，才避免卫星落回地面的厄运。当然，这种情况，进入静止轨道已不可能。将这一近地轨道交给了地面测控站，由那里抢救和进行试验。

第一次发射失利，是十分痛心的，人们并没有气馁，火箭专家们日以继夜地分析有限的数据，西昌——北京信息不断，故障点很快的找到了，方案修改设计、试验加紧进行。领导们横下一条心，试验队不撤回，尽快发射第二发。这一大胆的举动，在我国航天史也仅有这一次。在紧张的准备中，迎来了1984年的春节。试验人员收到军委副主席聂荣臻元帅的慰问信，鼓舞了全体航天人的士气，决心奋勇拼搏，去夺取胜利。1984年3月下旬第二颗星和火箭在技术厂房测试完毕，转到发射场地，进行最后的检查。4月8日是一个值得纪念的日子。那一天，气候变化无常，中午还是晴空万里，下午却是乌云满天，偶尔还落下雨点。晚上7点多钟，火箭就要在

这里起飞。人们心急如焚。气象部门准确预报19时前后无雷雨，风速小于5米/秒。果然，傍晚，天空放晴，可以看到闪烁的星星。发射卫星的准备工作已经就绪，19点20分，“牵动！”“开拍！”“点火！”“起飞！”随着一声声短促有力的口令，火箭喷射着巨大的火焰，徐徐离发射塔，越来越快，越飞越高。19时40分火箭将卫星准确送入了大椭圆轨道。发射成功了！在那里工作半年多的人们欢呼这一来之不易的胜利。

定 点

发射静止卫星，火箭将卫星送入大椭圆仅仅是一个开始。在地面测控网中还活跃着另一支队伍，这个试验队就是当时的宋健副部长和孙家栋院长率领的飞行控制小组。他们工作在测控中心。那里看不到高耸的塔架，看不到卫星、火箭。只有几个简易的用电视机改装的显示屏，几台中心计算机。在那间拥挤的地下室改装的指挥所里，领导和技术人员指挥渭南、闽西两个测控站以及远在太平洋游弋的远望号测量船队。不断由这些站船将收到卫星、火箭的远测、测距信息送往中心，中心计算机实时处理成卫星的状态参数、姿态参数和卫星轨道。船、站接收中心的测控计划、远控指令等信息，及时地对卫星实施控制。

第一颗星发射失利后，卫星在近地轨道上运行，这给测控中心出了一道难题。人们首先想到是必须抢在卫星蓄电池电源耗尽前，利用远地点发动机点火，将轨道抬高。近地卫星每圈可见时间只有十几分钟，在这短短时间里要判断卫星头朝前还是朝后，从众多的数据中去伪存真。综合卫星的温度情况，估算出在运行到13圈时点火有利，点火终于成功了。轨道远地点从474公里抬高到6480公里，终于渡过了危险，为以后的试验打下了基础。随后，完成了姿态控制、转速控制、消旋功能、数值通信、电视、电话传输等试验，取

得到很有价值的结果。为第二颗星的成功打下了基础。

1984年4月8日发射的东方红二号卫星，卫星准确入轨，火箭的精度优于预计值。这给测控、定点创造了良好的条件。测控中心在抢救第一颗星后，变得成熟起来，经过了三次转速控制、两次姿态控制后，4月10日8时47分，指令远地点发动机点火，卫星进入了准静止轨道，缓缓地向东经125°的定点位置漂移。在到达125°时只要将卫星刹车，就算定是成功了。然而，就在卫星漂移的过程中，发现蓄电池出现热失控，温度不断上升，而且是一个充电和升温的恶性循环，可能会导致整星的失败。又是一场生死搏斗。张爱萍将军在事前动员时，就指示参试人员要有三种本领：正常情况下操作的本领，预想到故障情况下的挽救本领，意想不到的故障情况下的应急本领。在这严峻局面下，人们忘记了吃饭，忘记了睡觉，群策群力，各显其能。有人根据数据预示了温度不会无限制地上升；有的分析失控原因，最后终于提出了利用地影和大调姿的应急方案，经过十几次调姿，终于战胜"热魔"，恢复了正常状态。人们才击掌相庆。1984年4月16日18时27分57秒，成功的定点在125°赤道上空。卫星星上仪器工作正常。转发器开通，即可投入使用。进而承担电视、广播等多种任务。

胜　利

静止卫星发射成功的喜讯，飞向全中国，飞向全世界。4月18日中共中央、国务院、中央军委电贺科学工作者、工程技术人员、工人、干部和解放军指战员。4月30日晚在庄严的人民大会堂隆重举行庆祝我国试验通信卫星发射成功大会。许多党和国家领导人出席大会并致辞祝贺。张爱萍将军吟诗一首以示祝贺。

作者系五院501所研究员

遥感卫星返回大地

吴 开 林

可见光遥感卫星于1974～1998年共发射17颗。该卫星的研制成功为中国返回式遥感卫星的发展奠定了技术基础，并使中国继美国和前苏联之后成为世界上第三个掌握卫星返回技术和卫星遥感技术的国家。

方案探索、论证和试验

1965年8月召开的中共中央专门委员会第十三次会议原则上批准了《关于发展我国人造卫星工作的规划方案建议》，并明确指出：我国发展人造卫星以应用卫星为主、应用卫星又以照相卫星为主的方针。这一重要决策，完全符合当时的国内外形势，有力地推动了中国空间技术的发展，特别是卫星的发展。

1965年10月召开的中国第一颗人造卫星的方案论证会议提出。在开展中国第一颗人造卫星研制工作的同时，要积极地对照相卫星的

诸多关键技术开展预先研究。

1966 年 5 月召开的人造卫星规划预备会议审议了卫星系列规划草案。会议认为:照相卫星技术难度大,要发展中国的卫星系统、卫星导航系统,只能靠自己的力量,走自力更生、艰苦奋斗的道路。1966 年,国防科委根据当时空间技术的情况,确定先研制可见光谱段的照相卫星。

返回式遥感卫星总体论证工作开始是由第七机械工业部第八设计院组织队伍,在王希季总工程师的领导下进行的。参加方案论证的全体人员(其中一大部分是刚出校门的大学生)虽然缺乏设计经验,但有强烈的进取心、有朝气、肯学习。他们面对这崭新而复杂的技术,知难而上,勇挑重担。经过 1 年多的时间,在调查研究、分析论证和集思广益的基础上,于 1967 年 7 月提出了卫星总体方案(可行性方案)论证报告。同年 9 月 11 日国防科委召开了方案论证会议审查了这一报告,认为总体方案可行,卫星总体方案体现了中国的技术特色、走自己发展的道路。

中国空间技术研究院成立后,在上述总体方案的基础上,全面开展了卫星分系统的方案论证和设计。1970 年 3 月,该卫星方案阶段的工作全部完成。

方案试验从 1968 年开始。首先进行的试验是返回舱气动外形的选形试验。返回舱的外形是细长比约等于 1 的钝头加截锥的短粗形。当时没有高速的电子计算机,也不掌握复杂气动情况的计算方法,无法用精密的计算来进行返回舱的外形选择,只能借助风洞实验加以解决。共设计了 7 个返回舱外形的模型,累计风洞实验吹风约上千次,直至 1969 年底才最终确定了返回舱的气动外形方案。通过风洞实验获得了全套完整的气动力和气动热数据,确定了返回过程中的静稳定度要求。

防热结构的选材试验和防热结构的温度试验,是防热结构设计的先决条件。卫星返回舱防热结构要能经受气温温度高达几千

度的热环境,通过对不同配方的多种材料几十次筛选试验,初步确定用烧蚀性能好的结构防热材料。

为验证三轴姿态控制初步方案的正确性,502 所在杨嘉墀所长和张国富的带领下,于 1970 年用自行研制的三轴机械转台、单轴气浮台和三轴气浮台,进行了 1 次半物理模拟试验、2 次全物理模拟试验。3 次模拟试验的结果,证明了三轴姿态控制方案可行,为分系统在初样设计中合理选择一些参量提供了依据。

列入重点加快初样研制步伐

1970 年全面展开了卫星初样研制,有些分系统在 1969 年下半年就已开始进行初样设计。

1970 年 2 月,返回式遥感卫星被国家列入重点工程。在 1970 年 2 月 12 日召开了工程会战动员会,以加快卫星的研制。

1970 年 5 月 29 日,国防科委为加速返回式遥感卫星的研制,在空间研究院召开了动员会。北京市也派代表参加了动员会,并表态支持返回式遥感卫星的大会战,凡需要北京市工厂帮助解决的,保证如愿。

1970 年 6 月,空间研究院将一时解决不了的生产项目提请北京市进行会战,以解决研制工作中的拦路虎,促进初样研制的进展。

初样研制阶段共研制结构星Ⅰ、结构星Ⅱ、温控星、电性星和合练星 5 颗初样星,进行了多项大型试验。

为保证按计划完成 5 颗初样星的研制,北京市给予了大力支持。以结构星Ⅰ和结构星Ⅱ为例,其返回舱结构是烧蚀防热结构,需要大尺寸、高精度的头壳模具。该模具的研制在北京市的协助下,落实在北京金属构件厂。构件厂安排经验丰富的工人师傅硬是用手工研磨的方法制造出精度优于设计指标的产品。又如,为进行

电性星桌面电性能联合匹配试验，需要及时研制出地面综合测试设备。北京市把这项研制任务交给了北京无线电三厂。该厂的工人师傅连续奋战，只用了 7 个整天就完成了按常规需 3 个月才能完成的任务。

1970 年 11 月至 1971 年 1 月完成了星上仪器设备的桌面联合匹配试验。这次试验是返回式遥感卫星从方案论证以来，各分系统都参加的一次“真刀真枪的大兵团作战”。在试验中来自 7 个单位的 80 多位中青年科技人员团结协作，密切配合，不怕疲劳，连续奋战。试验中发现和解决了上百个问题，其中：比较大的是无线电干扰和相机卡片这两个问题。经过精心组织、仔细飞行，得到了较好的解决。

1967 年 12 月，为进行卫星的热真空试验，曾专门召开了热真空模拟试验设备（设备代号 KM_4）方案论证会。根据外国资料介绍，要想获得可靠的数据，试验应在比被试验卫星尺寸大 1 倍或数倍的真空容器中进行，还要配上大功率的氙灯组成太阳模拟器来模拟太阳辐射。由此确定 KM_4，容器直径为 7m（有效直径为 5m），高度为 9m，热沉温度为 100K。由于卫星要在 1971 年进行试验，而 KM_4，热真空模拟试验设备还处于“方案论证阶段”，一时不可能提供使用。为此，热控室的研制人员经过认真的研究和分析，提出了利用比 KM_4 的中型 KM_3，热真空模拟器进行试验的问题。利用了闵桂荣在卫星外热流模拟理论、方法上的研究成果，拟定了用远红外加热模拟试验进行的方法，顺利地完成了卫星初样阶段的热试验任务。

1972 年夏天，空间研究院组织了第一次星地回路试验，以检验星、地测控设备的性能、接口关系的正确性以及模拟卫星在飞行过程中的各种工作程序的协调性和可行性。这次试验在 26 基地所属地面站进行。该站的地面设备有遥控发射设备、中速率和低速率遥测接收设备以及双频测速仪等，研究院带去的星上设备有遥控

接收机、遥测发射机、双频信标机、程序控制和供配电设备等。试验分静态回路试验和动态回路试验，均圆满完成了预定的任务。

1972 年 6 月，利用做完热真空模拟试验的热控星进行了卫星仪器舱和返回舱的分离试验，用来模拟卫星在 180km 上高空的失重条件下使返回舱按程序与仪器舱分离。由于没有可以模拟 180km 高空的失重条件的现成设备进行这项试验，空间研究院研制和试验人员经研究，将仪器舱和返回舱分别用两个陀螺架垂直悬挂在试验架上，使它们各自可绕俯仰轴、偏航轴自由转动，各舱的悬挂点尽量靠近各舱的质心以使转动不受重力的影响，悬挂仪器舱的钢丝绳通过滑轮加上相应的配重块以平衡仪器舱的重量、模拟失重状态。共进行两次试验，基本达到了试验目的，并为正样分离机构的研制和总装设计提供了一定的依据。

全景扫描式相机是卫星的核心。在 1969 年进行的相机试验中，发现时棱镜机构出现低速爬行，不仅棱镜和胶片同步精度达不到，而且使相机无法正常照相。相机工程处的研制人员在王金堂和倪志生的带领下，认真复查设计方法和设计图样，反复分析研究并通过计算找到了出现转速小的原因。他们日以继夜地工作，想了很多办法，最后在转动机构的机械部分作了较小的改动，解决了棱镜低速爬行的问题。

降落伞子系统由引导伞、减速伞和主伞组成。降落伞在研制过程中首先遇到了主伞的开伞强度问题。研制单位 508 所虽然在探空火箭的回收上有相当多的经验，但卫星用的降落伞面积大、回收质量大，能否获得一次设计成功，还没有十分把握。1970 年 7 月，508 所在陕西临潼进行的第一批次空投试验中，2 套全尺寸模型全部坠毁，现场分析认为是伞衣强度不够。回所后加强了伞衣强度，又于同年 10 月在山东潍坊进行了第二批次的空投试验，2 个全尺寸的模型仍然重蹈覆辙。王希季组织研制人员对此次试验出现同样的问题深入查找原因，认为光靠加强伞强度，是一种被动的做

法，能否采取措施，降低开伞时的载荷。最后，他们提出二次开伞方法来降低开伞动载的措施，并在 1970 年 12 月进行的空投试验中获得成功，1971 年 5 月在河南郑州，12 月在山西大同连续进行了两批次空投实验，回收系统取得了圆满成功。

以烧蚀材料制作的返回舱头部烧蚀防热结构，在 1971 年 8 月用于温控星进行热真空试验。发现头部防热结构出现了约 10mm 宽的裂纹。该材料的烧蚀性能完全能承受返回时的热载荷，为什么在模拟运行轨道的环境中反而出现了问题。对此问题，防热结构研制人员经认真分析后，认识到选材时，只考虑了烧蚀性能，忽略了材料的物理特性，是造成裂纹的主要原因。为此，他们又在北京材料工艺研究所的支持和帮助下找到了烧蚀性能好、物理性能满足要求的复合材料，用这种材料作烧蚀防热结构的材料，在试验中经受了温度交变的热真空环境的考验。

正样研制和发射

为了检验卫星在发射、运行和返回过程各种环境下各分系统之间的协调性，1972 年用初样结构改装成 1 颗串联星（又称正检星），用于振动、噪声、冲击、热真空等环境试验，星上仪器均是正样产品。

串联星的试验由 501 部负责进行。当时，空间研究院没有能做整星振动试验的振动台，通过调研，国内只有 1 台从日本进口的振动台有可能做这个试验。这台振动台自身高度将近 3m，安装在 1 间高度只有 9m，面积只有 70m^2 的简易试验室内，从未做过重量重和尺寸大的试件的振动试验，试验室内的吊车起吊量只有 2000kg，要吊卫星，完全没有把握。501 部发动参试人员献计献策，请有经验的司机到现场参观，最后提出用起吊量 8000kg 的黄河牌吊车，将吊臂伸进试验室里起吊卫星，解决了振动试验的难题。

通过结构模拟星的演练,该方案可行。

串联星的试验,从 1973 年 4 月即日开始,至 1973 年 12 月 18 日结束,经历了近 8 个月,共进行了全星振动、噪声、分离冲击和热真空 4 个试验。试验得到了满意的结果,也暴露了一些问题,为正样星的仪器修改提供了依据。

返回式遥感卫星第一次发射预定在 1974 年 11 月进行。为确保第一次发射飞行试验得到预期效果,空间研究院计划在 1974 年 6 月完成第一颗发射星的总装、测试,并提出要不带问题出厂。各所厂在总装、测试中,团结协作,密切配合。为了满足卫星总装对质量特性的要求,529 厂克服许多困难,依靠技术人员和工人师傅的聪明才智,自己动手设计和改装,圆满地完成了卫星总装质量特性的测试。1974 年 9 月 8 日,返回式遥感卫星第一颗发射星运往酒泉卫星发射中心。

1974 年 11 月 5 日,卫星发射区进入几分钟准备、准备脱落地面测试插头时,卫星全星断电的意外事情发生了。这是由于在脱落插头时,因电压降低过大造成。在此紧急关头,空间研究院试验队采取了用锌银电池作为插头脱落电源,使故障得到了及时、迅速的处理。此后,发射中心指挥员下令重新组织发射。当下达“牵动”、“点火”口令后,试验型卫星在长征二号运载火箭的携带下徐徐升起。全体参试人员屏住呼吸默默地注视着火箭上升,心中急切地盼望首次发射能顺利完成。起飞后约 20s,火箭突然失控,发射指挥员不得不下达安全自毁指令。卫星连同运载火箭,顷刻之间变成一团火焰,被炸得粉碎,落在发射场附近。此时此刻,全体参试人员的心情十分难过,许多人流出伤心的泪水。当中央军委叶剑英副主席得知发射失败,立刻打电话给发射中心的全体参试人员,勉励大家:失败是成功之母,不要颓丧,要再接再厉,继续奋斗,一定要达到目的为止。叶副主席的指示,增添了全体研制人员排除万难,争取胜利的信心。大家决心认真总结经验教训,在确保产品质量上狠

下功夫，一定要把卫星送上天、收回来。

1974 年 11 月 28 日，国防科委和第七机械工业部召开了总结经验、吸取教训、整顿质量管理的动员大会。会议要求各研制单位和全体研制人员，从试验型卫星首次发射失败的事件中吸取教训，对产品的质量来一次全面的大检查。对存在的各种问题和隐患，提出有效的改进措施，并制定和建立了一些有关质量控制和管理的规章制度。通过这次质量复查，“质量第一”的思想开始在群众中扎根。全体研制人员以更高的责任感、更认真负责的态度和更严谨的作风，投入到第二颗发射星的研制工作中。

1975 年 5 月，空间研究院各所厂的参试人员，遵循周恩来总理谆谆教导的十六字方针，对待总装测试工作一丝不苟，哪怕是出现了一闪而过的现象，也抓住不放，使研制质量明显地提高。

1975 年 10 月 16 日，试验型第二颗发射星安全抵达酒泉卫星发射中心。试验队伍一到目的地，空间研究院试验队的领导立即向全体同志传达了国务院、中央军委常委领导同志 10 月 13 日的指示：“第一希望把卫星送上去，第二希望把卫星收回来，要尽最大的努力，打好这场硬仗。”随后，试验队全体同志组织了学习、讨论，并制定了相应的措施。大家以“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越”的精神，认真做好发射前的一切准备工作，决心不辜负党和人民的期望，把卫星送上去、收回来。

11 月 26 日 11 时 29 分 52 秒，随着发射指挥员倒计数字的口令“……5，4，3，2，1，牵动，开拍，点火”，下达到“点火”的这一瞬间，操作员按下了火箭点火的电钮。在发射现场，人们屏住呼吸，心在蹦蹦直跳。此时，发射台上发出了一阵震耳欲聋的巨响，长征二号运载火箭携带着返回式遥感卫星拔地而起，奔向浩瀚的宇宙空间。各地面跟踪测量站不时报告：捕获目标，跟踪良好，飞行正常，星箭分离，卫星入轨，工作正常等信息。中国自行研制的照相卫星终于飞上了太空。全体参试人员在欢庆这次飞行试验实现了“把卫星送

上去”的同时，也热切期待着传来卫星返回祖国大地的喜讯。

发射入轨不简单，卫星返回也很艰难。世界上第一种返回式遥感卫星——美国的发现者号卫星7次入轨7次回收失败，到8次轨道飞行才取得了回收成功。中国能否突破卫星返回这一难关，是全体研制人员，特别是在渭南卫星测控中心的研究院试验队人员关注的焦点。根据卫星运行第10圈的遥测数据，表明卫星工作正常、没有任何异常现象。但卫星继续运行下去会不会出现问题，能否按预定计划于1975年11月29日返回地面，很难预测。为了完成“把卫星收回来”的任务，试验队开展了事故预想活动，并开展了一场热烈的争论。试验队领导小组根据讨论情况最后确定采用按预定计划回收，但作好提前回收的准备，并得到正在渭南卫星测控中心的国防科委钱学森和马捷副主任的同意。随后，将这个意见电告国防科委获得批准。卫星终于按预定计划在11月29日10时53分开始向地面返回。为试验型卫星研制呕心沥血、日夜奋战付出辛勤劳动的人们，日夜盼望的时刻终于来到了。此时此刻，国防科委、第七机械工业部和空间研究院的领导都在国防科委大楼内，收听渭南卫星测控中心传来的有关卫星返回的实况转播。酒泉卫星发射中心的参试人员也在等候佳音。几百颗、几千颗紧张的心和正在要实施返回的试验型第二颗发射星紧紧地连在一起。

当测控指挥员下达了卫星两舱分离指令后，渭南卫星测控中心的大厅内鸦雀无声，大家的眼睛不约而同地注视着描绘卫星返回弹道和预示落点的XY记录仪。只见调Y记录仪的绘图笔快速地移动，描绘出一条飞向地面的返回轨道。顿时，人们心花怒放，互相握手祝贺。第二颗发射星终于在11月29日11时06分(北京时间)，在贵州省着陆，基本完成了把卫星收回来的任务。

1975年12月空间研究院召开了第二颗发射星飞行试验总结会。这次总结会总结了成功的经验，特别针对试验中出现的主要问题进行了分析，提出了相应的措施。

1976年5月18日，毛泽东主席批准了卫星第3次飞行试验计划，使全体研制人员得到巨大的鼓舞，增加了他们完成艰巨任务的信心和决心。

1976年7月，第三颗发射星开始总装。7月28日，唐山发生了大地震。地震波及到北京，人们纷纷住进了防震棚，但卫星总装工作始终未停。广大科研人员、工人和干部，坚持在岗位上继续工作。在全体研制人员的齐心协力下，10月初完成了总装测试任务。并于当月19日出厂，运往酒泉卫星发射中心。

1976年12月7日，试验型第三颗发射星准确入轨。卫星沿轨道运行良好。3天后，返回舱乘降落伞于12月10日12时11分徐徐地降落于四川中部地区，这次飞行试验，返回舱终于按预定时间、预定地点、完好无损地返回地面，从而使中国真正掌握了技术难度极大的返回技术。

1977年3月27日，中央军委叶剑英副主席在审阅关于卫星照相成果的初步情况报告时批示：遥感卫星有功。这是对从事卫星研制和发射的广大指战员、科技人员、工人和干部的鼓励和鞭策。

在第4次组织飞行试验时，为了确保卫星能达到预定的摄影效果，研制人员从严要求，对凡是有可能造成这个故障的部位，采取了全面的、综合的治理措施，提出了改进意见，并在试验型第4颗发射星上付诸实现，在1978年1月26～29日进行的卫星第4次飞行试验中，卫星按计划进行了摄影，获得了大量有用的遥感资料，从而使卫星试验阶段的飞行任务得到圆满完成。

遥感实用卫星迈出
为国民经济建设服务的新步伐

返回式遥感卫星研制成功，实现了返回式遥感卫星研制计划中首先试验航天摄影和卫星返回技术的第一步目标，并为实用型

遥感卫星的研制打下了良好的技术基础。返回式遥感实用型卫星为国土普查提供了大量有价值的遥感资料。

1. 实用型遥感卫星的研制

返回式遥感实用型遥感卫星的方案论证和设计于 1977 年开始。中国空间技术研究院在部署实用卫星方案设计时，明确提出，实用型卫星方案应在试验型卫星方案的基础上进行设计，要充分利用已经取得的技术成果；在方案设计时，要不折不扣地满足用户的要求。

1977 年 7 月，研究院召开了实用型卫星方案论证会，会议审查并基本同意了卫星方案。

1982 年 2 月，返回式遥感第一颗实用型卫星全面开始总装、测试。由于各分系统修改部分比较多，在总装前又没有安排进行全星的电性桌面联试来协调和解决电磁匹配问题，再加上地面测试设备全部更新，从而增加了卫星综合测试的难度。

按试验型卫星的研制惯例，发射星不再做地面环境试验，为了检验实用型卫星总装各个环节的质量情况，王希季总设计师提出发射星应做振动试验后方可出厂。研究院组织设计师系统对此意见进行了认真的讨论。通过讨论，认为这一主张，有助于把问题和隐患及早暴露，加以及早处理，同时提出了必要的措施来确保试验安全。会后，研制人员先用 1 颗模拟星进行预振试验，在一切有了把握后，再接着做发射星的整星振动试验。在试验中，发射星经受了 3 个方向振动的考验，也出现了一些小故障。

1982 年 9 月 9 日，正值中国共产党第十二次全国代表大会胜利召开之际，第一颗实用型遥感卫星成功地飞向太空。卫星准确入轨，正常运行。卫星在轨道上运行 5 天后，于 9 月 14 日按预定时间、预定地点安全返回地面。

在认真总结实用型卫星第一次飞行试验经验的基础上，王希季总设计师提出了稳定技术状态、提高可靠性的设计思想和原则，

1983～1987年，实用型卫星又连续5次发射成功，并全部安全回收，获得了大量的遥感信息资料，CCD相机进行实时传输遥感信息的试验也获得成功。

2. 应用前景广阔

1978年1月26日发射的第4颗遥感试验型卫星专门安排并拍摄了京津唐地区、柴达木盆地冷湖地区以及沿海地区等总计约2000000km²面积(含重叠部分)的国土照片，并约请石油工业部、地质矿产部、国家地震局、国家海洋局、国家测绘局、冶金工业部等单位的9位专家，对上述摄影区的卫星照片，进行了初判、解译和应用的研究，取得了明显的效果，显示了卫星照片用于国土普查的应用价值。在矿产勘探方面，一幅卫星照片覆盖地面面积约20000km²，相当于1：20万比例尺的地质图3幅，一个人用3天就可以完成初步解译。而实地调查则需要30人用6年多的时间。卫星照片经过解译，可以减少地面调查的盲目性，合理地、有效地布置验证工作，从而使一个矿产区的调查、开发的效率提高一倍以上，时间可以缩短一半以上。首都钢铁公司所属地质勘探公司与长春地质系统遥感研究室合作，利用卫星照片先进行大面积普查来了解全局，然后对重点地区进行地质详查。他们以卫星照片为主、辅以航空照片，对西到官厅、东到密云、南到北京、北到古北口的大约160000km²的地区开展地质勘察，找到了7个成矿(主要是铜矿，还有钼、铝、锌等)预测区。

在石油勘探方面，柴达木盆地冷湖地区的“伊克稚乌汝”石油构造，1965年曾用2个地质队共26人(不含服务保障人员)进行了4个半月的地面调查，才得到该地结构的地质图。利用卫星照片只需1人4天时间就完成了地质解译工作，并发现了一些过去调查中未发现的断层，为确定钻井方位、地下水有利的供水地段以及输油管道走向等提供了大量有用的资料。

在地震地质调查方面，卫星照片比例尺适中、图像清晰、信息

量丰富，可以用来进行大范围地区地质构造的分析和地震地质调查。例如，利用卫星照片发现山西大同某电厂工程恰好位于地层断裂部分，经过钻探验证后决定搬迁，从而避免了几千万元投资的损失（1978 年的投资额）。再如，利用卫星照片发现京山铁路方案中滦河大桥原桥址选在青龙河的断裂带上，经钻探验证河底确有 300m 宽的破碎带，由此决定桥址北移。从卫星照片上还发现北京地区紫荆关和南口断裂分别属两种不同构造体系，并有两条平行的断裂带穿过西山，地下还存在隐伏断裂和穹隆，这些地质情况可引起地震诱发和地质新构造运动。

在港口建设、海岸测量、海洋污染监测方面，渤海湾内有黄河、滦河、海河 3 个主要泥沙流，对港口建设和航道造成了威胁。把卫星照片与已往绘制的地形图比较，可以清楚地看出海岸的变迁情况，发现 20 多年来黄河入海口地区的陆地已向海中延伸了 20km。国家海洋局利用 2 幅卫星照片，经几个人几天的室内作业就完成了福建闽江口海岸带调查的绝大部分项目，清楚地看出陆地的松散积沉、海岸线走向和海滩组成。

在考古研究方面，内蒙古昭乌达盟克什克腾旗达里诺尔（湖）旁的古城址是元代应昌古城，当地居民称为“鲁王城”，为元世祖忽必烈的女儿鲁国大队公主囊泉真于 1270 年所建。根据卫星照片发现已往内蒙古文物工作队调查测定的古城的南北长度及城内中央小区的位置都有误测。

3. 国土普查见成效

进行国土资料调查是国土开发整治的基础工作。中国的社会主义现代化建设迫切需要有更多可供开发利用的国土资源。摸清中国的资源状况，并不断加深对它的了解，具有十分重要的意义。

从 1978 年发射遥感第 4 颗试验型卫星开始，在 1982～1984 年，发射的 3 颗实用型卫星都对国内特定地区进行了摄影，摄影区域的总面积达 10000000km^2（含重叠和边境国内部分），通过大量

的应用研究，证明了卫星可为国民经济各有关部门服务。1984 年 2 月，研究院召开了利用遥感卫星完成国土普查任务的方案介绍及应用座谈会。会议使国民经济有关部门详细了解了遥感卫星的性能指标，并一致认为近期内发射 2 颗国土卫星来完成国土普查任务的条件已经成熟。1984 年，国务院批准由航天工业部、国防科委和国家计委国土局联合提出的发射 2 颗国土普查卫星的建议，决定在 1985 年和 1986 年发射 2 颗实用型卫星(国土普查卫星)用于国土普查。为此，研究院在返回式遥感卫星飞行试验的基础上，针对国土卫星的特点对完成国土普查的任务进行了全面分析研究，决定在国土卫星上采用适用于“可见光和近红外谱段”的黑白全色胶片和彩色红外反转片 2 种胶片。

国土普查卫星提供可供使用胶片，经开展应用研究，取得了丰硕的成果。以京津唐地区为例，利用国土卫星照片取得了该地区地质基础和地表形态的特征、制作了该地区的影像图、评价了该地区的水资源、调查了该地区的土地利用和森林资源矿产资源、了解了该地区环境要素的变化等情况。

在地质基础与地表形态特征方面，京津唐地区地层发育比较完整；岩石种类齐全；地质构造复杂，新构造运动较为强烈，有不少活动断裂带，是中国地震活动比较频繁的地区之一；成矿地质条件较好，地质矿产较丰富；山地面积为 19899.24 平方公里，占全区总面积的 63.84%。

在制作 1∶50000 的影像图方面，完成了唐山市彩色红外影像地图、秦皇岛影像地图等地图的制作。实践表明，国土普查卫星照片，一般可以制作 1∶50000 影像地图，几何位置精度能满足实际需要。

在水资源评价方面，对影响制约水资源的形成、运移、贮存及水质条件的特定自然地理—地质单元进行了宏观分类，并结合京津唐地区的自然地理特征，提出了合理开发利用水资源的意见。京

津唐地区水资源条件较好，但数量偏少，人均水量为 439.9 立方米、亩均水量为 343 立方米，均低于全国的平均值。

在土地利用调查方面，开展了区域土地资源调查，编制了土地利用现状图。整个京津唐地区 47 个县(市)总面积为 55490.57 平方公里，耕地 25174.44 平方公里，居民用地 5279.13 平方公里，水域 3784.90 平方公里，交通 2158.12 平方公里。人均土地只有 2.98 亩。实践表明，1：250000 的国土普查卫星照片解译图可用于土地利用现状调查和量算土地面积。

在森林资源调查方面，制作了 1：250000 森林植被资源分布图，量算了植被覆盖面积、森林覆盖面积、有林地面积和宜林地面积。在京津唐地区土地总面积 83250000 亩中，植被覆盖面积为 2697 万亩、占全区面积的 32.1%，森林覆盖面积 910.56 万亩、占全区土地面积的 10.8%，有林地面积 1188 万亩、占全区土地面积的 14.3%，宜林地面积 1293 万亩、占全区土地面积的 15.5%。

在环境要素变化方面，观察到黄河古河道变迁的形迹、古海岸的贝壳堤遗迹、古湖沼的分布以及永定河的历史变迁、潮白河的历史变迁、滦河的历史变迁、平原区湖沼地变迁、海岸带历史变迁等情况。

铁路选线及隧道施工方面，对这些工程建设起到了一定的指导作用。例如在兴隆到蓟县铁路选线中，应用国土普查卫星照片对该地区的构造、岩性、水系等进行了综合分析，提出了最佳线路方案。

在固体矿产资源调查方面，通过对褶皱的解译，预测到京津唐地区铁矿资源丰富，可满足大型钢铁企业对铁矿资源的需求。

在城市区域规划建设方面，编制了区域系列图片，为政府部门宏观决策、制定城市区域总体规划提供了基础资料。

作者系五院 501 部研究员

二十八个月拿出新型返回式卫星

林 华 宝

神 圣 的 使 命

1990年2月23日晚8时，航空航天部林宗棠部长在刘纪原、孙家栋副部长的陪同下，来到五院召开会议。参加会议的除闵桂荣院长、戚发轫、王和忠副院长等院领导外，还从南苑请来了尚未正式上任的张浩书记。林部长在会上传达了中央军委刘华清副主席关于加快新型返回式卫星研制进度的指示，要求第一颗星在1992年4月底前待命出厂。

自70年代以来，我院先后研制成功了两种不同用途的返回式卫星，在我国国防现代化建设中起了重要作用。其中第一种在连续成功发射了九颗后，于80年代后期退役。在当前风云变幻的国际形势下，迫切需要研制新一代的返回式卫星为国防建设服务。刘副主席的指示是动员令，一声令下，所有的研制人员都行动起来了，投入火热的战斗。

我们面临的形势是严峻的。卫星的方案设计早在1988年，在王希季教授的主持下完成

了。由于经费和运载工具的问题，初样阶段的工作步履维艰，只开展了一些纸上谈兵的工作。按照正常的研制程序，要完成这个型号的初样、正样两个阶段的工作至少要36个月的时间。而现在要求在26个月内完成(实际是用了28个月时间)，再加上经费严重不足，困难是很大的。

另一方面，新型返回式卫星是国家重点任务，有刘副主席的指示，有科工委、部、院各级领导的关怀和支持，所到之处尽开绿灯；我们有一个团结的领导班子，正副总指挥、正副总师分工明确、各司其职，互相支持，配合默契；我们的研制队伍是一支久经考验、敢打硬仗的队伍，是五院的主力军之一；我们还有一个广泛、协同作战多年的协作网；在技术上，我们具有经验丰富的王希季、闵桂荣两位老总师的支持和帮助。有了这样一些有利条件，我们对完成任务充满了信心。

精心计划 精打细算

这颗卫星一方面充分地继承了前两个型号的成果和经验；但是在13个分系统中，有8个是新研制的，其余的也有很大的改进和更新。例如，卫星重量的增加、寿命的延长、总体重新布置，使结构、热控、供配电分系统需要重新设计；有效载荷——相机是新研制的；控制分系统采用了新的三冗余计算机系统，还增加了轨道控制。按照研制程序按部就班地进行，风险最小，我们也比较省心、轻松，但是时间是不允许的。不得已，我们不得不在确保质量的大前提下，采取了一系列打破常规、灵活的做法。

首先，根据产品技术状态的继承性程度，用不同方式进行管理：(1)直接进入正样，如单脉冲雷达应答机；(2)只经过初样、正样两阶段，如遥控接收机；(3)新研制的产品必须经过模样、初样、正样三个阶段，如控制计算机。

其次，压缩、简化研制程序，地面试验星一星多用。在满足试验要求的大前提下，采取一系列重大措施：(1)取消初样电性星，用正检星装星前产品的桌面电性能联试取代之。(2)取消初样热控星，直接与正检星的热真空试验一次完成。(3)取消初样结构星，生产制动舱和仪器舱及其主要部件作为试验件代之，进行静、动力试验；然后与改型返回式卫星回收回来的再入舱装配成完整的结构试验星，参加星箭联合振动试验和作为全星振动试验前的预振配重星；最后用发射星进行出厂前的全星振动试验。(4)正检星在完成预定的各个大型试验后，改装成发射星。(5)第一颗星不经过发射试验星，成为正式的应用星，即列装星。

第三，研制程序的交叉和并行，结构分系统是工作量最大、研制周期最长的一个分系统，特别是工艺工装准备时间特别长，是我们任务的最短线。但是，运载工具问题迟迟定不下来，直到1990年初才决定采用上海的长征二号丁火箭。这样，运载工具正式的载荷、气动加热、环境等数据不能及时提供，而结构生产的工艺准备又不能等，怎么办？不得已，我们只好根据方案设计时很初步的数据，参考了前两个型号的经验，未经设计评审，主要的关键图纸就下厂供工艺准备用。在研制过程中，数据陆续到来，随时进行校核，直到1991年6月，正式数据才到齐。所幸，经过结构静、动力试验，证明设计符合设计要求，并有一定的余量。这才补充进行设计评审。做到了一次投产、一次成功。

热控分系统也有上述类似情况。

元器件定货也是一种周期很长的事，也没有等产品的初样通过、正式环境数据，即提前定货。

第四，精心计划、精心调度。研制工作基本上按两条线进行。主线是正检星，经各项试验后成为发射星；副线是大型结构件，经结构试验后总装成结构星。指挥调度系统制定了详细的计划流程，频繁调度。计划流程进行到什么地方，那里就加班加点抢时间。上一

道程序在进行时，下一道程序抓紧做好准备，这样，使研制工作做到紧张有序地进行。

经过深思熟虑、反复研究，慎重地决定打破常规的做法，事实证明，有效、成功，明显地缩短了研制周期，节约了经费。

坚决把质量放在首位

在28个月期间，在关键的转折点时刻总指挥王和忠副院长召开了三次工作会议，分别总结了前阶段工作，先后确定了初样星、正样星和发射星的技术状态。经工作会议确定的卫星技术状态，任何人不得随意更改。

尽管我们在研制工作中采取了一系列打破常规、灵活的做法，对某些研制程序进行了简化和压缩，但是预定要做的12项大型试验，一项也不能取消，每项都得做；而且每项试验预期要达到的目的，一定要达到；预期要获取的数据，一定要拿到。

在制定振动和冲击环境试验要求时，我们根据国军标的规定，经过慎重论证，决定采用随机振动和冲击谱的方法。这是我们在振动试验中首次采用这种方法，结果不少产品，如相机回收片盒、回收时间控制器、遥控、晶体等过不了振动关。一时间许多同志，包括一些厂所的领导，在大会上提意见，个别找我们提意见，言词激烈。认为这种试验方法不妥，试验量级定得过高。我们只好耐心解释，但心里压力很大，难道我们把规范定错了？

后来的检查分析表明，所有过不了关的产品在设计上或工艺上都存在缺陷，经修改后，保证了产品质量。以后再也没有人提意见了。

仪器舱的铸镁大梁，比起前两个型号的大梁，不但几何尺寸大得多，而且形状十分复杂；铸造工作量大，是强体力劳动。铸出的大梁一再出现严重缺陷，不符合要求。大家都十分焦急。工厂派人到

有关厂所、高等学校，四处请教。经过 529 厂 7 车间同志反复试验，一星期只能铸一根，直到第 23 根才铸出符合要求的大梁。

控制计算机的软件，是一件工作量大而十分细致的工作，牵一发而动全身，一条语句的差错有可能影响全局。502 所制定了一套保证软件可靠性的工作程序：至少有两个人员负责编制软件，互相校对；参加星地对接联试以及控制系统联试反复进行测试；组织所内软件专家组，对软件逐句进行检查，参加全星电测，保证了软件的可靠性。

控制分系统采用了三机容错计算机系统；红外地球敏感器可同时测量俯仰和滚动两个信息，两台敏感器可互为备份；增加了全姿态捕获功能。

程控分系统采用了双机热备份计算机系统，可以交叉切换，得到四种不同组合供选用。

遥控接收机和匹配器都采用双机系统，也可以交叉切换。

1990 年 11 月，在怀柔举办了 FMEA 学习班。会上遥控和程控介绍了他们进行 FMEA 分析，找出单点失效并加以排除的经验。501 部介绍了 FMEA 的具体做法，要求每个分系统都必须进行 FMEA 分析。

二次分离试验

二次分离试验是模拟在高空失重、旋转条件下进行两舱分离，分离时分离面上可能产生相互钩挂的构件较多，是一项关键的大型试验。原来设想在一个 50 多米高的塔上进行，代价昂贵，技术复杂。

508 所提出一个巧妙、简单可行的方案。他们借用一个铁架子，利用滑轮和重锤产生所需的转速；在释放分离时，保证所需的姿态并产生短时间的失重。他们从废品公司借来大批旧轮胎作着

陆缓冲，控制方案由 501 部许汉成负责完成，试验结果，完全符合设计要求。

热真空试验毕其功于一役

热真空环模试验是一项人力、物力耗费大、周期长的大型试验，试验准备工作至少要半年。仅 KM4 开机，每天就要消耗液氮 20 吨。按照常规，热真空试验要进行两次。设计人员经过详细分析提出了四个方案供选择，其中三个方案是进行两次，一个方案是只进行一次试验。

我们反复研究，考虑到有前个型号的大量数据和经验可借鉴，主要是王希季教授的意见，决定取消初样热控星，只进行一次正检星热真空试验。

陈大忠带领全组同志，进行了大量细致的计算分析和设计工作，仅计算机打印纸摞起来要以米计量。他们还和 511 所同志进行了艰苦的准备工作。

1991 年 12 月 26 日，正检星转运到 KM4 设备旁。同志们放弃了元旦休息，就是春节也只是除夕回家与亲人团聚，初四一大早又聚集到 KM4 设备旁。

星上温度和热流测点有一千多个点。一千多根引线全靠同志们一根一根地焊好、梳整、连接。经仪器巡回检测，没有一根线接错或折断，全部合格。

抽真空采用 511 所新研制的三台 1.2 米口径的低温泵无油系统，使真空室压力达到 3×10^{-4}帕，为历史上最好值，优于试验要求一个数量级。顺便提一句，1993 年我随 511 所同志访俄时，当谈到我们采用低温泵无油系统时，俄罗斯朋友十分惊讶，不敢相信。他们至今还是用油扩散泵系统。我说："你们的弗拉基米尔·米哈伊洛维奇到我们那里时见过，对不对？"在座的巴然诺夫总工程师

点点头，才使俄国朋友相信。

试验的温度场分布严格控制在±1℃的范围，有一半以上是在±0.5℃范围。热沉温度低于86K，远低于100K的要求。

历时一个半月的紧张劳动获得了圆满成功。试验结果除星相机遮光罩部位温度偏低，需采取措施外，与设计值相当吻合。

利用这次试验的机会，还进行了压控分系统的动态调压试验，相机系统的低压跑片试验以及密封舱返回前的放气试验，都获得预期的效果，做到一次试验多方收效。

令人头痛的元器件质量问题

元器件质量问题耗去我们很大的精力和时间，出现的问题不少是前所未有的。所幸，我们有一个可靠性中心，帮助我们走出困境。

1991年7月，我们刚从上海539厂处理完一种云母电容的断腿问题回到北京，不久厂里报告，在控温仪的高低温交变试验中，又两次出现这种电容失效的情况。经可靠性中心失效分析，结论是这种电容的防潮性能差。原来工厂在生产时，最后要涂一层防潮漆。这种漆的主要成份聚丁二烯有毒，原生产厂已停产；而库存数量不够，工厂采用了稀释的办法来处理，造成了这样的后果。这样的云母电容供四个新卫星型号用的共到货四万多只。

经联系，工厂最早要到1992年10月才能提供合格产品，一时又找不到其他代用品。怎么办？我请可靠中心夏泓副主任考虑，从大量库存的器件中，进行针对性筛选，筛选出可用的产品。可是他们从来没有这样干过，在走投无路的情况下，小夏拟定了一个针对性筛选大纲，拟定了周密的筛选程序。经过专家评审认可后，他们从大量产品中，筛选出了六百多只合格产品，解决了燃眉之急。

无独有偶，又有一种钽电容出现断腿和真空漏液现象；有一种

运算放大器、一种延时继电器、一种晶体等连续出现批次性质量问题，搞得我们疲于奔命。

正检星摇身一变成为发射星

正检星在经过一系列大型试验后，特别是热真空试验和全星振动试验之后，一般是束之高阁，成为陈列品。为了节省经费，我们试图将正检星在试验结束后，改装成发射星。

为此，我们在热真空试验时，在再入舱表面安排了一系列相同材料的"随炉试件"。试验结束后，对试件进行化学分析和性能测试，证明热真空试验环境对再入舱烧蚀材料的防热性能没有产生影响。

在全星振动试验时，对关键部位的应力和加速度值进行监测。

在所有试验结束后，对所有的数据进行分析，对卫星表面的热控涂层的热物理特性(太阳吸收率和发射率)进行复测，对全星结构进行详细检查，对密封舱进行保压试验。经过慎重研究，最后决定正检星可以改装成发射星。

24 小时大模飞

按规定，所有参加正检星各项试验的产品都应该是正样产品。可是直到发射星的电测，有个别产品，如遥控接收机，环境试验还没有通过，只好以电性能合格的电测工艺件代替。

因此，在出厂前，决定增加一个 24 小时大模飞试验，将卫星从起飞前的准备程序、入轨、轨道运行、返回直至安全着陆全过程的所有程序动作，浓缩在 24 小时的模拟飞行程序里。所有参加试验的产品都必需是允许上天的正样产品。

24 小时大模飞获得圆满成功，各个分系统都工作正常，没有

出现任何故障。至此，出厂前的准备工作就绪，待命出厂。

信心与担心并存，信心大于担心

由于我们对研制工作采取了一系列打破常规、灵活的做法，正常的研制程序常常交叉、并行进行。这样做明显地争取了时间，大幅度节约了经费，却给我们带来一系列问题。用副总指挥徐庆祥的话来讲："我们每走一步都要碰到困难，我们是在不断解决问题中前进。"常常出现副总师郑松辉和我分别在两个房间各主持一个组在讨论、解决问题；更有甚者，有时门口排着队，等待解决问题。

周围的舆论也给我们很大压力。有人讲我们是在瞎搞，预言"成功是偶然的、失败是必然的"，在报刊上批评我们违反研制程序。我和松辉经常交换意见，反复冷静地回顾前一段的工作，到底这样干行不行，把握怎么样？我们的看法是一致的，正如松辉所说"信心与担心并存，信心大于担心。"随着工作的深入，各项大型试验的完成，我们的信心与日俱增。到 24 小时大模飞顺利通过，我们的信心更足了。

28 个月的辛勤劳动结出硕果

考验的时刻到了。1992 年 8 月 9 日，上海航天局研制的长征二号丁火箭准确地把卫星送入预定的轨道。卫星在轨道上工作正常。在运行后期，出现了两个问题：(1)轨控发动机原计划工作四次，前三次工作正常，最后一次没有工作。(2)相机在临结束前发生卡片现象，致使部分胶片未工作。

卫星在轨道上运行了 16 天后，于 8 月 25 日安全返回地面。卫星胶片经精心冲洗，结果非常清晰，经用户组织专业队伍判读，照片的地面分辨率，优于设计指标。虽然在飞行的后期出现了卡片现

象,但是我们装的胶片留有相当余量,因此胶片拍摄的地面覆盖面积,仍超过任务书要求。

根据领导下达任务书的战术指标,逐条进行核实结果表明,卫星的首次轨道飞行,圆满地完成了领导赋予的任务。

1992年12月27日,有关部门和航空航天部在京召开了有部内外权威专家参加的卫星鉴定会。会议给卫星的研制工作予以高度评价:"首次飞行试验结果表明,系统的主要战术技术指标均达到了研制任务书的规定,有的项目还优于指标要求。卫星在我国的空间照相技术方面跨上了一个新台阶。"1993年12月,卫星荣获航天科技进步一等奖。

首次飞行出现的两个问题,原因已查明,在1994年7月的第二次飞行中,没有重现。

回顾这28个月与同志们共同奋战的日子,历历在目、激动人心,是我终生难以忘却的。

作者系五院科技委常委,新型卫星总设计师,中国工程院院士

为国争光的风云一号气象卫星

孟 执 中

风云一号卫星是我国自行研制的第一代太阳同步轨道气象卫星。研制这种卫星旨在为我国的气象观测提供一种新的手段。风云一号卫星在轨运行时，向全世界各地的气象台站发送当地的地区云图。在国外指定地区摄取的云图记录存贮在磁带机内，当卫星飞临我国上空时，向国内地面站加放星上记录存贮的国外地区云图信息。这些云图资料是天气预报的重要依据。

早在我国第一颗人造卫星发射之前，周恩来总理于 1969 年 1 月就明确指示："要搞我国自己的气象卫星"。1970 年 2 月，中共中央、国务院、中央军委下达了研制气象卫星的任务，并交给了当时刚刚组建的上海航天基地。之后，周总理一直关怀着我们上海航天工程、卫星研制的进展，曾两次亲自听取卫星和运载工具研制情况的汇报。我有幸参加了这两次会议，向总理报告了卫星的情况，聆听了总理的亲切教诲。1973 年 6 月 21 日晚 21 时，周总理健步来到人

民大会堂湖北厅，他环视了到会的同志，观看了卫星和火箭的各种汇报图表，然后高兴地说："大有希望。"在汇报过程中，他仔细地听并不时用笔在汇报材料上划着杠杠，留心每一个问题并经常提出问题，及时作指示。在会议结束前，他非常高兴地对大家说："你们都很年轻，都是20世纪的人，我国航天事业攀登高峰要靠你们！"在以后20多年的卫星研制实践中，周总理的话一直鼓励着我们。

在70年代初期，科技人员针对气象卫星进行了大量调查研究及探索工作。1974年9月，国家气象局和卫星研制部门研究提出了"结合我国实际，实事求是、力求先进、先易后难、逐步完善"的发展气象卫星的原则，并对气象卫星的基本技术要求及系列发展的初步设想进行了论证。同年，上海卫星设计总体部和中国科学院技术物理所分别开始进行风云一号气象卫星总体方案的预先研究和气象遥感仪器原理样机的研制工作。1977年11月，国防科工委在上海召开了气象卫星大总体方案论证会，形成了风云一号卫星的总体初步方案。1981年卫星转入初样研制阶段。1982年，由于星载气象遥感仪器在关键技术上取得了突破和为进一步满足使用部门的业务应用的要求，对风云一号卫星总体方案进行了重大的修改。1986年，卫星进入正样研制阶段。1988年9月7日，风云一号A星由长征四号火箭首次在太原卫星发射基地发射成功。卫星进入预定轨道，星载各种仪器工作正常。从星上发送回来的云图照片图像清晰，纹理清楚，层次丰富。这次卫星发射和试运行完成了检验星上仪器设备性能的任务，证明了卫星总体方案的正确。在总结A星经验教训的基础上，卫星作了适当修改。1990年9月3日，再次成功发射了风云一号B星。

风云一号A和B两颗星的发射和运行，填补了我国气象卫星的空白，表明我国已具备了研制、发射、运行和管理太阳同步轨道气象卫星的能力和条件，为进一步发展我国的气象卫星和卫星应用迈出了重要的一步。

风云一号卫星是我国发射的第一代太阳同步轨道的气象卫星，又称极地轨道气象卫星，当前世界上只有美国和前苏联发射了这类卫星。美国自60年代开始至今30多年间共发射了45颗极轨气象卫星，现在运行的是第三代NOAA/TIROS-N极轨卫星，也是当今技术水平最高的业务应用气象卫星。我国发射的两颗风云一号气象卫星在总体技术上与TIROS-N卫星有些差距，但标志气象卫星水平的最重要的技术性能指标，即图像质量已达到目前正在运行的NOAA-11卫星的水平。这是一个很大的成功，为我国发展气象卫星奠定了很好的基础。

我们的气象卫星正常运行期间，发回了大批高质量的可见光和红外光谱图像，在中央电视台天气预报节目中，播发了多轨拼图及局部云图。卫星探测到的遥感资料经过加工处理后，生成了多种产品，通过多种途径提供给各用户。在气象预报、积雪监测、冰情服务，水体监测和环境监测等方面得到了实际应用，取得了良好的效益。例如：在亚运会期间，提供了亚洲区域和北京地区的云图，并为亚运会专门制作了亚欧彩色图，在天气预报节目中播出，为我国办好举世瞩目的体育盛会增添了光彩；1991年夏季，我国遭受了特大洪涝灾害，风云一号B星的云图资料对准确核定洪水受害面积发挥了作用，取得了很好的社会效益。

风云一号气象卫星的云图，吸引了国外众多用户。美、英、德、意、澳、荷兰等国都接收分析了我国气象卫星的图像资料，一致认为图像质量是高水平的。联合国气象组织认为我国风云一号卫星的成功发射，对国际气象事业作出了贡献。

风云一号卫星上采用的多种新技术，在我国卫星上大多是首次使用，在卫星正常运转和故障修复中发挥了很好的作用，取得了成功。

风云一号B星在我国航天史上留下了难忘的一幕。1991年2月14日除夕之夜，当卫星飞经南大西洋地磁异常区后回到我国上

空时，发现卫星已处在快速翻滚的异常状态。在极其困难的情况下，卫星试验队的科技人员在卫星测控中心的密切配合下，群策群力、艰苦工作，及时制定了一整套有效地抢救卫星的技术方案和策略，经过两个半月的实施后，终于使卫星重新对地定向，恢复了正常工作。能使一颗气源耗尽的高速旋转的卫星重新恢复三轴稳定对地定向的姿态，在国内是首次，在国外成功的例子也不多。

风云一号卫星也是我国首批发射成功的太阳同步轨道对地观测卫星，这类轨道的卫星在应用卫星系列中占有很重要的地位，发射的数量也较多。在风云一号卫星研制和运行中所积累的宝贵经验和深刻教训，不仅对正在研制中的02批气象卫星，而且对其他类型的对地观测卫星的研制也有重要的借鉴价值。

作者系八院科技委副主任，风云一号卫星总设计师

上海研制风暴一号运载火箭

龚德泉

1969年10月31日，党中央、国务院、中央军委向上海下达研制运载火箭和技术试验卫星的任务，统称为701工程。运载火箭取名为风暴一号，上海市第二机电工业局承担研制任务，总体和总装分别由20所和新江机器厂负责，各分系统和箭上仪器主要由局内有关厂、所承担。

风暴一号的原型是第七机械工业部一院正在研制的远程导弹。任务明确后，上海机电二局立即抽调一批骨干去七机部学习，并调集图纸资料，随后七机部还支援了一些技术人员。在此基础上，1969年12月8日，上海市革命委员会召开有关工厂、研究所、大学共180多个单位近600多人参加的701工程誓师动员大会。由上海市委、市革委会、上海警备区主要负责人组成了701工程七人领导小组，并成立了市工交组701办公室，具体负责701工程研制的协调工作。从此，一场轰轰烈烈的701工程的大会战就在全市展开，定名701工程的含义就是1970年

要完成。

上海市将此任务安排在我局研制，是因就上海地区来说，与运载火箭专业性质最相近的单位就算我局了，这样的选择无疑是正确的、合理的。但就研制队伍、生产设施、试验设备条件而言，却是很不适应的。因我局主要研制的地空导弹最大直径才 0.5 米，全长才 10 米多，而风暴一号直径为 3.35 米，全长 31.7 米，这样厂房、加工试验条件等都不适应。但是大家没有被困难所吓倒，相反都有一种强烈的光荣感、责任感，心中只有一个信念：党中央交给的任务一定要千方百计地去完成。任务就是命令，工厂就是战场。不等条件、不等设备、不等厂房，有条件的快上，没有条件的创造条件上，没有设备能用手工代的就用手工代，总之时间紧迫、不能等。因此在全市上下一场轰轰烈烈、有声有色的大会战形成了。大会战的结果是：从图纸资料的适应性修改、生产准备、工程设计、生产试验设备研制、厂房建设、技术攻关，到试验件生产试验和第一枚全箭热试车箭的出厂，仅仅用了 11 个月时间。在这样短的时间内，以这样快的速度，完成这样艰巨而复杂的任务，在当时国内外航天史上是少有的，真是奇迹。那么，这奇迹是怎样创造的呢？

一、发挥上海基地的作用，搞全市大协作

市工交组的指导思想明确，为了抢时间、保进度，充分发挥上海工业基地的作用，搞大集中（总体、总装）、小分散，开展全市协作，用工交组领导人高崇智同志的话说："一厂一角，百家协作。"这句话是对当时全市大协作情况的高度概括。风暴一号使用的元器件、原材料，70%以上都在上海配套。品种、规格多，数量少，要求高，都靠这"一厂一角"的办法解决，甚至有些大部件亦按此办法解决。如一级氧化剂箱、二级燃料箱的焊接装配，分别由大明铁工厂和第二纺织机械厂承担，这样就大大减轻了总装厂的压力，大大压

缩了基建规模，节省了投资，赢得了时间。这一指导思想实践证明是正确的。

上海市机电二局是地空导弹的研制基地，加工设备、试验设备、厂房设施均不能满足风暴一号的需要，工装的加工能力（远大于3.35米）更不能适应，怎么办？局内不行，靠市内协作，以此来弥补上海机电二局加工能力的不足。

上海不愧为全国最大的工业基地、科研基地，拥有一大批精通业务、技术熟练的技术干部和技术工人，他们为攻克风暴一号的技术关键作出了重大贡献。这里略举几个组织全市攻关的例子。

1. AK－8（即LD－10）焊接攻关。AK－8材料焊接性能差，焊接系数低（仅0.5），对焊接应力很敏感（易产生裂纹），但因其比强度高，可以提高运载火箭性能，当时只有美国使用了这种材料。但焊接这一关的突破成了这种材料能否选用的决定因素。1970年上半年，新江机器厂攻了几个月仍无进展。当时把主要目光放在焊条上，上海焊条厂日夜为新江机器厂试制各种配方的焊条不下几十种，但收效甚微。AK－8焊接关成了风暴一号研制过程中的拦路虎。为此市领导决定，调集上海有名的焊接大王、全国劳动模范唐贤斌和龚春南等五人去新江机器厂，协助攻关，但因各种原因，不能发挥他们的才能。后将他们调至大明铁工厂，开辟第二战场，对AK－8焊接进行攻关。他们仅用了一个月左右的时间，就取得了明显效果，打压试验基本通过。他们没有把目光盯在焊条上，而是把精力集中在如何减小焊接变形和内应力上，抓住了AK－8焊接关键的本质和主要矛盾。他们用AK－8（剪切下的线材当焊条）焊AK－8，就突破了AK－8的焊接关，真是奇迹。如果配以相应的、合适的焊条，焊接的质量还可进一步提高。这一突破大大缩小了焊条研制的难度。他们控制和减小焊接变形和内应力的方法就是“两面三层焊”。我听唐贤斌师傅的分析介绍觉得很有道理，很有水平。

2. 试验设备攻关。为保证产品质量，地面试验必须做充分，因

而要配备一些必要的试验设备，像大型振动台（5 吨、20 吨）、多点激振设备（全箭振动用）、稳定系统模拟试验设备等。这些设备要进口，一是远水解不了近渴，二是外汇控制很严，只能自力更生将其列入上海 701 工程会战项目。结果不到半年时间，这些急需的大型试验设备都已陆续提供使用。

3. 软件攻关。由于计算机技术在当时还不十分普及，熟悉的人不多。而风暴一号的计算工作和软件工作量较大，所以一开始就从华东计算机技术研究所抽调四五位技术骨干充实总体，大大提高和促进了风暴一号的软件编制和计算工作。但最后剩下一项硬骨头，干扰弹道的程序一直走不通，通过市 701 办公室向上海计算中心求援，他们很支持，把所内两位骨干临时借调到 701 总体帮助工作，结果很快就把程序走通了。从此弹道计算的软件全部配套，为以后开展、开发该项工作，打下了良好基础。

二、精心组织，精心指挥

市一级的组织、指挥机构是工交组 701 办公室，全市性协作配套、攻关、协调、计划进度等都由它来组织、指挥。因工作量大，任务重，条件差，单靠上海机电二局的力量是难以胜任的，主要靠全市协作、支援和帮助。因此在这样大的协作面（包括元器件、原材料在内计约 350 家）、这么多的协作项目（几百项）和攻关项目（几十项）的情况下，没有一个集中、统一的组织指挥机构，要在这么短的时间内完成这样复杂而艰巨的任务是不可想象的。701 办公室的组织指挥工作主要体现在四个方面：一是抓两头带中间，表扬先进，批评和帮助后进单位，大大推动和促进了后进单位的工作，自然而然地带动了处在中间状态单位的工作；二是敢于拍板决策，由于建立在调查研究掌握第一手材料的基础上，情况明，决心大，拍板决策就比较符合实际；三是抓重点，总体和总装单位是矛盾最集中最

突出的地方，抓住总体总装的单位的工作，统揽全局、协调全市的各项工作；四是深入基层，深入实际，这是了解情况，掌握第一手材料的最好方法，是正确决策、精心组织和指挥的前提和保证。

总之，全市集中统一指挥的执行机构是701办公室，它具有很高的权威性。它下达任务，决无讨价还价的余地，只能做好、不能做坏，只能提前、不能拖延。所以凡是接701任务的单位，只要一接到任务，立即组织力量，投入战斗，加班加点，日夜奋战，特别是接受紧急任务的单位，尤为突出。像AK－8焊接攻关时，久攻不下，总想在焊条上找出路。焊条厂日夜攻关，新焊条一出来就立即通知新江机器厂，不管白天黑夜，新江机器厂负责抓生产的领导立即派车前往焊条厂取焊条。只要新焊条一到，又立即投入新一轮焊接攻关，双方配合默契，工作衔接十分紧密。

三、大干快上

在任务重、时间紧、条件又差的情况下，我们深知等条件、按常规走路是不行的，也没有现成经验可借鉴。路只能靠自己走，经验只能靠自己去创造。

1. 总体的大部分设计人员是从新江厂、20所从事地空导弹型号的设计、工艺、工人队伍中调集来的，后来一院和华东计算机技术研究所又支援充实了部分力量。但总的来说，人员少，专业不配套，业务不熟悉。在大会战的形势下，在满足生产部门的需要做好生产准备，及早将外协件（大型工装和设备）提出去的同时，为了给各分系统研制创造条件，使整个工程能全面协调地展开，首先必须把总体方案定下来，图纸、任务书、配套表等定下来，但工作量大、任务急，所以总体人员只能采取边干、边学、边建设，按轻重缓急区别对待的原则，急的先干、先学，在干的过程中来学、来加深理解，锻炼和提高自己。有的任务书出不来，先订协议、后补任务书，并虚

心听取分系统的意见，加强协调，逐步完善。工作紧张热烈，大家充分发扬了不怕艰苦和连续作战的精神。

2. 边改造、边基建、边生产准备、边生产。我局原来只是一个地空导弹研制和小批量生产的基地，从厂房设施、加工能力、试验手段等方面均有许多不能适应风暴一号运载火箭研制的问题。特别是总装厂和发动机生产厂，根据当时形势和任务要求，不可能大兴土木，等条件创造好了再干，经反复研究决定，只新建一个简易总装车间、一个静力试验室和一个发动机综合试车台，其他主要靠挖潜改造，所以形成了新建和改建并举的局面，且其进度直接影响生产准备、工艺练兵和投产。新建项目很快轰轰烈烈地展开，改建项目亦在各厂争分夺秒地进行，如新新机器厂，利用老厂房改做发动机高温钎焊的场地，因厂房高度太低，高温钎焊炉容纳不下，新新厂发动群众献计献策，终于找到了一条多、快、好、省的良策，在墙上装上若干个千斤顶将屋顶一点一点顶上去，直至高度满足要求为止。又如新江机器厂，焊接、铆接占地面积均较大，按正常布局，无法安排，但通过三结合，发挥集体智慧，设计了一套组合式通用型铆接型架，使三个筒形铆接舱段合用一个型架(每个型架占地面积加上辅助面积须 30 平方米)，大大节约了占地面积。上海仪表厂负责平台研制，陀螺、气浮轴承的加工，精度很高，没有高精度车床，就利用厂内国产车床(济南机床厂产)自行改装，将齿轮传动改为皮带传动，用金刚钻刀具代替一般刀具，顺利解决了陀螺、气浮轴承的加工问题。后来航天部和一院的领导参观上仪厂时，看到用这种普通的国产机床能加工出这么高精度(光洁△12，椭圆度、锥度均在 0.5～1 微米之内)的产品，都十分惊讶。发射亚洲一号卫星前半年，亚洲一号卫星公司聘请加拿大可靠性专家来沪考察，其提纲中就有关于加工精度的考察内容，在上仪厂考察时，只看了标准样件，并听了介绍，就对此大加赞赏。

四、经验与教训

上海研制的701工程，原意要在1970年完成任务。实际上至这一年的11月，只完成了一发热试车箭，并送到20基地进行全箭热试车，距“完成”还有很大距离。但是在这不到一年的时间中确实为上海地区运载火箭研制打下了坚实的基础，不能不说这是奇迹。

701办公室计划要1970年完成，这个目标定得太高，不切实际，实际上到1975年把第一颗技术试验卫星送入预定轨道才告完成。其间，继1971年4月完成全箭热试车后，在1972年8月进行方案性飞行试验基本成功，在1973年9月和1974年7月又进行两次飞行试验，均未成功。究其原因，是对质量不够重视，控制不严，特别是对地面试验不重视，不能严格要求，出了故障不能正确对待，找客观原因和外部原因多，听不进不同意见。因而原因找不准，采取的措施针对性不强，故障不能根除。所以在1975年连续两次成功后，在1976年、1978年又有新的故障发生，造成飞行试验失败，教训是很深刻的。所以说“质量是航天产品的生命”，真是千真万确，这是由航天产品的特性决定的，每个航天战士都应懂得这个道理，铭记心上。

作者系八院科技委常委，长征三号运载火箭副总设计师

回忆长征四号运载火箭研制历程

孙敬良

在1978年的8月下旬，国防科工委开了一个规划会。当时有人提出：我们自己的通讯卫星老是上不了天，还不如买外国的，这样可以加快中国通讯事业的发展。我们这些搞运载火箭的听了很不是味道。因为当时用来发射东方红二号同步定点卫星的长征三号运载火箭，三子级氢氧发动机的研制正遇到困难。火箭不出厂，卫星当然上不了天。这样的形势逼着我们必须尽快研制出安全、可靠的运载火箭，把东方红二号通讯卫星送上天。于是有人就提出研制常规三级运载火箭的设想。所谓常规三级运载火箭是指采用常温推进剂的运载火箭，推进剂在常温下能够储存，这是一项比较成熟的技术。也就是在这次会议上，确定用常规三级运载火箭作为长征三号发射东方二号地球同步卫星的另一方案。

仅仅两个月，我们就拿出了论证方案。当时，还是以东方红二号通讯卫星作为运载对象

的，但我们已经构想火箭具备一箭多用功能，运载能力和使用性能可以适用国内正在研制中的多种卫星。所以，在当年 11 月的方案设想研讨会上，我们的方案被认可了。1979 年 2 月 15 日，国防科工委、航天部又在上海开了方案审定会，钱学森、任新民等专家都参加了。这次方案审定会，确定了运载火箭的总体方案，而且“腹中胎儿”——未来的新火箭有了一个响亮的名字，被命名为新长征三号。会后，我们全面展开了方案设计和初样研制工作。到了 1982 年初，根据国防科工委和航天部的要求，我们同时开展了运载发射风云一号气象卫星的方案论证。10 月份，国防科工委、航天部召开了新长征三号发射风云一号气象卫星方案审定会，更名运载火箭为长征四号，这个命名，一直沿用到今天。

长征四号的首次发射是在 1988 年的 9 月 7 日，距离方案的提出正好是十年。长征四号成功地将风云一号卫星送入了预定的太阳同步轨道。星箭分离后还按要求对末级火箭进行姿态定向和无水肼排放试验，首发火箭发射圆满成功。1990 年 9 月 3 日，第二发长征四号运载火箭又一次精确地将风云一号卫星送入轨道，同时按要求将两颗搭载的气球卫星（大气一号）送入轨道。长征四号相继发射成功，尤其是首发的一箭成功，在我国大型运载火箭研制史上还没有先例，填补了我国发射太阳同步轨道卫星的空白。1991 年，长征四号运载火箭荣获了国家科技进步特等奖。

长征四号运载火箭是在各协作单位大力协作下，我们上海航天运载研制队伍十年心血的结晶。它能取得今天这样的成就，在于我们在研制过程中始终坚持正确的科学态度，充分继承运用现有成熟的技术。同时，又瞄准国际先进水平，大胆创新。譬如火箭总体方案设计，继承采用了风暴一号、长征三号现有技术成果，长征四号的一、二级就是在风暴一号的一、二级基础上研制的。而总体、分系统、单机设计方案采用了新技术。控制系统采用数字式控制技术、双向摇摆伺服机构等，都是在我国大型运载火箭中首次成功

使用。

在前人未走过的路上跋涉，是一项艰苦的工作。新技术的运用，也不是一帆风顺的。双向伺服机构，花了一、二年的时间就被我们攻下来了；三级薄壁共底贮箱，1981 年才攻克。最难搞的是整流罩。长征四号卫星整流罩是当时我国研制的型号中最大的一种，且为点式弹射筒平推分离方案，无国内外资料可供参考。为了攻克分离速度低等技术关键，研制工作历经了十年。虽然在第六次分离试验中，分离速度已满足要求，但为了优化分离参数组合，获得较高的统计可靠数据，分离试验一直进行到第十次才结束。

长征四号的十年历程，始终得到党和国家各级领导的关怀和支持。长征四号首发成功的庆功会上，当时任上海市领导的江泽民同志给了我们很大鼓励，提出“发扬航天精神”，我们听了之后感到很振奋。1978 年的方案设想论证会，我们提出数字式姿态控制技术。数字式姿态控制系统的好处很多：控制指令可以由改变箭载计算机的软件来实现，可避免因发射任务的变化重新研制硬件，这样可使研制成本降低，周期缩短；其次精度高、抗干扰能力强。但是这是一项我国从未使用过的技术，我们心里并没有多大把握。当时任国防科工委副主任的钱学森同志听了我们的方案设想，当场表示赞许。这给我们增添了很强的自信。

长征四号经不起失败。所以，我们一再要求“在质量问题上六亲不认，处理问题一丝不苟”，要求各级设计师跟踪自己主管的产品，掌握动态，对设计演变、接口关系要了如指掌，对生产和试验过程的情况、性能稳定性心中有数。1987 年起我们开始注意计算机软件问题，因为合练时，软件暴露出的问题很多，接口软件不协调、软件版本不统一、任意修改，造成硬件陪着软件长期通电，解决问题所耗费的时间也最多。合练结束后，专门开了长征四号软件工作会议，成立软件管理组，直接对总师负责。首先加强了文档管理，制定若干条例，规定软件文档必须分开，提高透明度，不搞个人封锁；

软件设计也要执行校对、审核、批准制，对软件产品的履历书、传递途径和使用记录作出了相应的规定，严格进行对飞行控制程序的装订比较、代码录音比较，完善了文档管理，还建立了软件审查和评审制度，专门审查源程序文本。在软件开发的各个阶段，对软件设计思想和程序设计框图进行评审，衡量其是否正确合理，从系统工程的角度对待每一条指令、每一个语句，并加强了软件测试工作，注重用不同的测试方法，对各种软件进行测试。除要求软件能够在正常情况下顺利工作外，还邀集总体、外系统、发射场的同志设想出各种不正常的情况，提高软件对外系统的各种故障的应变能力，确保发射成功。

第二发长征四号出厂前，进行阀门气密检查发现有六个数据较差。经分解，确认有多余物。为确保万无一失，将全箭所有品种、规格的装箭、备份阀门全部分解清洗，重新装调、交付、例试，清洗所有导管，对阀门试验设备采取措施，保证飞行试验的成功。

我们始终坚持用充分的地面试验、严格的考核来保证飞行试验的万无一失。在以往的发动机试车中，在不同部位都曾出现过不同程度的漏火、漏液。例如三子级热试车时，三级发动机涡轮泵附近起火，然而现场气密检查没有找出故障原因，于是将发动机带回厂进一步分析检查，确认为燃料副系统接头处漏液，分析直接原因是设计不够完善。为此对发动机系统中所有燃气密封部位改为柔性石墨密封结构。通过以后的多次例试，都证明上述改进是正确的，局部漏液、漏火现象没有出现。长征四号三级发动机从开始研制到正式上天飞行，共进行了近百次的整机试车，累计试车时间2万多秒，填补了我国常规上面级高空发动机的空白。

长征四号的整机产品在完成三项交付试验前，机电产品需进行稳定性磨合运行，装箭电子产品要经过200小时的老炼试验。

长征四号的成功，还得益于我们国家的改革开放。长征四号数控系统在国内是先进技术，采用了数字式控制方案。这要靠计算机

来实现。这个技术基础就是改革开放以后，我国的电子元器件和计算机工业取得的长足进步。这说明，改革开放，只会增强航天工业自力更生的能力。

作者系八院技术顾问，长征四号总设计师

“一箭三星”的研制历程

朱 毅 麟

科学试验卫星是一种试验和发展卫星及其分系统技术的空间平台，能对空间环境进行直接的观察与探测。我国的实践系列卫星就属于这一类卫星。

实践二号卫星是我国实践卫星系列的第二颗，是一颗名副其实的科学试验卫星。

三起三落不动摇

1972年4月，七机部向第五研究院下达了实践二号卫星的研制任务。五院总体设计部和空间物理研究所于当年12月和次年4月先后召开了实践二号的方案讨论会和方案论证会。

这两次会议明确了实践二号的任务是探测高空物理参数，积累第一手空间物理资料并为高空核爆炸试验提供高空核辐射背景资料。会议还确定以长征一号为运载工具。但是，由于“文革”动乱的破坏，长征一号已无法恢复生产。

于是，将运载工具改为长征一号甲，即把长征一号的末级固体火箭改为液体火箭。

末级火箭由固体变为液体，卫星的方案也需要做相应修改。又经过了一年多的工作，1974 年 9 月召开“方案复审会”（“759”会议），通过了新的卫星方案。

实践二号是一颗空间物理探测兼卫星新技术试验卫星。卫星上装有磁强计、辐射探测器和热电离气压计等 11 种仪器。卫星重 250 公斤，外形为一外接圆直径为 1.23 米、高约 1.1 米的八面棱柱体。

实践二号卫星首次采用了太阳电池帆板、对日定向的姿态控制、肼发动机系统、磁心存贮器、双频跟踪与遥测共用射频通道的统一系统、整理无源主动温控等新技术。

“759”会议后不久，因计划调整，长征一号甲的任务被列入预研项目，运载工具再次落空。

1976 年春，七机部曾一度考虑改装高弹道飞行试验多余的远程地地导弹，发射实践二号，终因其他原因，也未能实现。

运载工具迟迟不定，影响了卫星研制工作的全面铺开。但是，在这期间，五院各单位承担实践二号任务的科技人员并没有坐等观望，而是本着“宁可有了卫星等运载，也不让有了运载等卫星”的积极态度，努力把卫星的研制工作做在前面，凡是不需要与运载工具直接接口的，属于卫星本身范围内的研制工作，一直在不间断地进行。

在科技人员的努力下，到 1977 年底基本上完成了卫星各分系统仪器设备的初样，开始了桌面电性能联试，为一年半以后发射实践二号打下了良好的基础。

走"一箭三星"之路

坚持就是胜利。人们终于盼来了好消息，1977年秋，国防科工委初步同意给五院一发上海的风暴一号运载工具发射卫星。

风暴一号的运载能力很大，用它来发射250公斤的"实践二号"实在是大材小用。

于是，一个"一箭双星"的方案在总体设计人员中酝酿开了。实现"一箭双星"需要解决在整流罩内的狭小空间中如何放置两颗卫星的问题，要解决卫星与运载工具的连接和两次分离的问题以及满足运载工具稳定性对星箭接合部的刚度要求等问题。而这一切又是在实践二号已经到了初样阶段，无法大改的情况下提出来的，约束条件多，困难大。

第二颗卫星实践二号甲需要从零开始，为了缩短研制周期，不能设计得太复杂，又要有一定的实用价值。总体设计人员想到了电离层探测卫星。

实践二号甲电离层信标探测卫星，外形好像一只巨大的倒置的茶杯，它的锥形裙把实践二号罩在里面。星内主要装一台双频信标机，发射40.5和162兆赫两种频率的电波，地面收到后，根据电波特性的变化，测量电离层的电子浓度。它没有姿态控制系统，也没有遥测系统，其运行轨道靠地面站台接收双频信标测定。

为了"一次发射，多方收益"起见，又由七机部二院负责研制了"实践二号乙"雷达标定试验卫星，它由一颗直径为45厘米的铝制引导球和一个在轨道上可充气膨胀到直径为3米的气球组成，安装在运载火箭第二级的发动机架上。

高歌猛进一年半

自从运载工具确定以后，实践二号的研制工作在部、院领导下，进展神速。

首先进行了卫星与运载工具的协调。实践二号设计时并未考虑还要带一个“姐妹”，其顶面和底面都装有天线，顶面还有探测仪器的探头和太阳电池阵等，不能同实践二号甲接触。所以，实践二号甲和实践二号都只能分别与运载工具相连接。

为了避免卫星与运载工具之间发生无线电干扰，必须进行无线电干扰试验检查。这项试验在上海方面的配合下，双方从讨论方案，制作实践二号甲模型，到试验完毕，一共只花了三个月。

卫星与地面测控台站早就有许多技术问题要协调，也因为运载工具未定而一再推迟，直到 1978 年 3 月底才召开实践二号地面测控协调会。这次会议实际上起到了卫星、运载工具、发射场和地面测控台站四大系统的大总体协调的作用。

在协调中又出现了一些新的问题。一是卫星上要增加一台波长为 10 厘米的跟踪信标机，二是要求在星箭分离面上安装高频电缆分离插头。这两个问题一时成了拦路虎。经过有关人员的努力，终于找到了解决办法：他们把 10 厘米信标机吊在星箭对接梁上，使它的下部伸进风暴一号仪器舱的上部空隙处；搞天线的同志在很短的时间里自行设计了高频分离插头。

为了保证 1979 年发射，部、院加强了指挥调度。实践二号的主要试验和协调，如带卫星的风暴一号全箭振动试验、星箭无线干扰试验、电性星试验、星地无线对接试验、星箭机械对接试验等都是在 1978 年一年内完成的。几条战线，齐头并进，工作十分紧张。

终于在 1979 年上半年顺利地完成了检验星的鉴定试验、发射星和备份星的总装和测试，于 1979 年 7 月 28 日进行了第一次发

射。

抓质量把好分离关

第一次发射，由于风暴一号第二级发生故障，没有把卫星送入轨道。

这次失败后，七机部领导指出，产品的质量是与我部科研生产生死攸关的大问题，要求坚决贯彻“质量第一”的方针，并在全部范围内开展了以提高产品质量为中心的宣传教育活动，为“实践二号”的再次发射指出了努力方向。从 1979 年 9 月到 1981 年 7 月第二次开赴发射场之前，先后进行了三次质量检查。

第一次是在 1979 年 9 月结合第一次发射总结工作进行的。第二次是在 1980 年 5 月结合防潮防霉工作进行的。

1981 年 3 月 27 日，张爱萍副总理到五二九厂检查实践二号第二次发射准备工作的情况，听取了工作汇报，观看了实践二号三颗星实物，并为即将进行的实践二号飞行试验挥毫书写了“飞翔太空”的题词。

根据张爱萍副总理要狠抓质量的指示，五院于 1981 年 4 月 8 日至 11 日召开了第三次质量复查汇报会。各单位的质量复查工作都做得比较细，例如，有的星上产品从 1979 年以来一直在做通电考机试验，没有间断；有的单位对星上仪器中的上千个元件逐个进行了检查，对不合格的进行了更换；有的在复查中发现问题后，立即对类似的设备采取了预防性措施；有的单位除交付总装的二套设备外，自己还准备了第三套为备份。

三次质量复查中，对卫星与运载工具的分离可靠性给予特别的重视，因为分离的成败直接影响到卫星的成败。实践二号甲分离时，靠它的回收小火箭产生推力，像拔钢笔套似的沿轴向朝前推开，它的裙部与实践二号卫星最近的地方只有两个手指的宽度。分

离时，不能产生任何侧向移动，否则裙部就会碰坏或擦伤实践二号。实践二号分离时，它与风暴一号之间有四个新设计的高频分离插头，不能通电自动松脱，而要靠末级火箭后退时卫星的惯性力把它拉开，弄得不好，就容易卡死。有关科技人员对高频分离插头电缆的松紧度作了调整，进行了上百次的模拟试验，为双星的分离成功奠定了基础。

三星探空西方愕

1981年8月中旬，实践二号三颗卫星和新长征一号(即风暴一号改名)运载工具先后抵达酒泉发射场。

8月20日开始技术阵地测试，工作进展很顺利。

9月20日清晨5时28分，酒泉发射场区还笼罩在夜幕之中，巨人似的新长征一号巍然耸立在发射台上。当逆计数数到“……5、4、3、2、1”时，一声令下，新长征一号带着三颗卫星冉冉升起。

7分20秒以后，“新长征一号”在湖南衡阳附近上空，把三颗卫星送入与设计轨道十分接近的轨道。

实践二号卫星与运载工具分离后，四块太阳帆板顺利张开，与卫星顶面平齐，卫星在切向发动机喷气推动下自旋，获得稳定效应，接着卫星自旋轴指向太阳，并实现对太阳定向。

“一箭三星”的发射成功，标志着我国的航天事业又迈出了新的一步，使我国继苏联、美国和欧洲航天局之后，成为第四个能用一枚火箭发射多颗卫星的国家，在国际上引起很大的反响。

收获、经验与教训

实践二号卫星的发射成功，使我国能首次从空间直接取得了大批量的空间物理数据，为我国的空间物理学研究做出了重要贡

献。

实践二号上的卫星新技术试验：展开后固定式太阳电池帆板、对日定向姿控系统、以肼为推进剂的发动机系统、无源主动式整星温控、跟踪与遥测共用射频通道的统一系统、磁芯存贮器和延时遥测系统以及在卫星上首次使用的CMOS、PMOS、TTL和运算放大器等新器件，都取得圆满成功。这些新技术试验为我国后来发射的通信卫星和其他应用卫星的设计、制造和试验积累了宝贵的经验，也为我国的卫星技术对外开放创造了条件。

实践二号生于乱世，既没有建立总设计师系统，也没有可靠性管理制度。虽然第一次发射失败后，进行过三次质量复查，对“保驾上天”起了重要作用，但是卫星产品的质量“是设计、制造出来的，而不是检查出来的”。为了保证长寿命卫星具有较高的可靠性，应在卫星研制过程中实行全面质量管理，建立和健全总设计师系统和可靠性管理制度。

实践二号两颗卫星入轨以后，只分别工作了12天、52天，远低于原设计半年的寿命。这种早期失效除说明卫星的可靠性不高，还暴露了我们对卫星入轨后的管理重视不够，总体部门和地面测控台站之间联系有待加强。一旦发现异常情况，能迅速研究、分析，采取对策，这对长寿命卫星尤其重要。这就需要加强卫星研制部门和测控台站之间的联系和协调。

实践二号所取得的成功经验和失败的教训，如姿控用肼发动机技术，提高遥控接收机的抗干扰能力，狠抓质量管理，重视星上设备的可靠性以及加强卫星运行阶段的监测管理工作等，分别在我国后来发射的回收卫星和试验通信卫星上得到了借鉴和应用，并收到了实效。事实证明，科学试验卫星在卫星技术发展中有着重要的价值。

作者系五院科技委秘书长、研究员

长二捆的诞生

王德臣

1992年8月14日，我国长征二号E火箭在惊天动地的呼啸声中拔地而起，以雷霆万钧之势直刺云天，将美国制造的澳大利亚通信卫星送入浩瀚苍穹。群山抖动，大地震颤，人们击掌相庆，泪水在欢笑中夺眶而出。

这是辉煌的瞬间，是奇迹的展现，是中国航天史上具有极其特殊意义的发射。它不仅表明我国航天发射低轨道运载技术达到世界一流水平，更显示出我国航天工作者在挫折中奋斗不息的精神。同时，这也是中国航天技术经受的一次前所未有的考验，是我国航天工作者在跨入国际竞争大潮中经受的一次神圣洗礼。

闯开市场

1986年，被称作世界航天史上的黑色灾难年。1月28日，发生了震惊世界的美国挑战者号航天飞机机毁人亡事件。紧接着，急于填补运

载工具空白的马丁·马丽埃塔公司为美国空军制造的大力神火箭爆炸，麦·道公司的德尔它火箭由于过早熄火而自毁。5月，已经赢得世界半数以上卫星发射合同的欧洲空间局阿里安火箭发生惨败。这一连串的厄运使运载火箭市场出现了用户排队等待发射卫星的局面。集中于美国各大卫星公司的老板们等不及不知何时才能恢复正常发射的西方运载工具，将目光移向世界东方的航天实力。

这对于中国航天来说无疑是一次进入国际市场十分难得的契机。同时，航天技术先进的一些国家为提高卫星的有效率在推出新一代大容量、长寿命、多功能、约3吨重的卫星。专家们预测，90年代将出现世界卫星换代的高峰。在欧美垄断的世界航天市场，当时的中国运载火箭只能发射1.3吨左右重的卫星，要继续获得市场，就必须而且只能尽快利用我国成熟的火箭技术研制出新一代大推力运载火箭，这种火箭肯定会为中国进入国际卫星发射市场打开一条新路。当时，长征火箭诞生地——中国运载火箭技术研究院的研究人员已经敏感地捕捉到这是个千载难逢的机遇。

记得是在研究院一间极简朴的办公室里，我和当时研究院的领导人李伯勇、王永志一起悄悄地酝酿一个大胆的方案——以长征火箭家族中的有着不败业绩的长征二号C火箭为芯级，在一级箭体上并联4台长15.3米、直径2.25米的液体助推器，上面级和卫星装在直径4.2米、高10.5米的整流罩内，全箭长50米，芯级直径3.35米，发动机总推力为600吨，这样就可以把长征二号C低轨道运载能力从2.5吨一下提高到9.2吨，配以固体推进剂上面级可将3吨的有效载荷送入同步转移轨道，配以液氢液氧推进剂上面级，同步转移轨道运载能力将达到4.8吨左右。

这一大胆的设想，得到了航天总公司刘纪原总经理和国防科工委一些领导的支持。但是长征二号E还只是设计方案。拿着构想草图四出"游说"，在没有产品和成功先例的情况下参与国际竞

争,让用户相信我们的技术实力决心签约,这无异于纸上谈兵,难度是可想而知的。但是,这丝毫没有影响我们跨进世界商务发射市场的决心和勇气。我们以长征二号C火箭的成功率为吸引力,以长征二号E捆绑技术设想为依据,以为发射提供良好的服务做保障,以有一支经验丰富、技术水平一流、作风过硬的航天技术队伍做保证,开始了中国航天新的通天之路。

1987年9月,成立于1984年的澳大利亚奥赛特公司在悉尼就建立第二代国家卫星通信系统进行招标。当时,有世界四大集团以主承包商的身份参加了投标。初出茅庐的中国长城工业公司以发射服务分包商资格与主动承包商组合参加投标,这意味着中国长征二号E火箭开始和美、法火箭的角逐。在这4个西方宇航集团中,只有主承包商休斯公司在运载方案中列入了中国尚无实物的长征二号E火箭。为使竞争公平,奥赛特公司要求各集团必须同时列入中国运载火箭进行第二轮招标。翌年6月16日,揭标结果令西方人大大地吃了一惊,美国休斯公司使用中国长征二号E火箭发射两颗HS—601卫星在轨道交付方案中标!

我方的不懈努力和休斯公司、奥赛特公司大胆的选择,把中国航天技术推上了世界舞台。中国航天闯市场努力做成的第一宗大买卖——用长征二号E发射两颗澳大利亚卫星,就在纸上谈兵中成交了。

1988年11月1日,中国长城工业公司与美国休斯公司正式签署澳星发射服务合同。然而那份厚厚的合同文本,规定繁复,也不免苛刻。休斯公司要求中方必须在1990年6月30日前有一次成功的飞行试验。在任何时候,只要他们认为中方不能发射或没有充分论据证明自己能够按时发射,用户有权终止合同并罚款100万美元。激烈的市场竞争从不同情弱者,中国航天面临着一次残酷的挑战。

创造奇迹

1988年12月14日，我们开始研制用于发射澳星的长征二号E火箭，此时，离合同规定的火箭首次发射试验时间仅仅18个月。18个月，对于普通人来说，只是短暂的一段时间；对于火箭的研制者们来说，是要在18个月里完成按常规需要4至5年才能完成的工作，是要顶着贷款研制的经济风险，是要冒着一旦完不成合同势必造成刚刚走出的开拓世界航天市场的一步要前功尽弃的风险。这个任务是何等的艰巨和复杂！我们还能再次创造出一个奇迹吗？

一张令人无法接受的时间计划调度表摆在了长征二号E火箭的研制人员面前。看过这个计划以后，研究所的所长们摇头，工厂的厂长们摇头，车间的老工人们摇头——这简直就是一个“不讲理”的计划！那时，我已受命担任长征二号E火箭的总设计师，当时的院长王永志受命担任此型号的总指挥，于龙淮副院长担任副总指挥。说实在的，这个计划能否如期实现，我们俩也没有十足的把握。

设计一枚火箭，最少也要1年半到2年，现在只给3个月；生产一枚火箭，至少要2年半到3年，现在只给14个月。总装2级振动箭时，车间主任掰着手指头压缩了又压缩，大着胆子对当时的院长王永志说：我只要一个半月，王永志嘿嘿一笑：哪有一个半月？只给你18天！

然而，没有什么困难能阻挡中国航天人进军国际市场的脚步，没有什么重负能压垮中国航天人钢铁铸成的肩膀。18个月后，奇迹真的出现了——昔日碎石遍地的山凹耸立起高达97米的发射塔架，昔日仅仅是草图一张的长征二号E火箭比合同规定的时间提前一天真真切切地屹立在西昌卫星发射中心。

美国麦·道航天公司技术顾问、德尔它火箭总设计师、休斯公

司史密斯先生，在西昌卫星发射场主动和我打招呼："我要专门向你们表示道歉。一年前在中国考察时我说你们抽了鸦片，纯是幻想，怎么可能在这么短时间内研制出新型火箭?这么大的工程搞到你们的工作水平在美国也还要二至三年时间才能完成。然而这次在西昌，我看到了奇迹。"

世界上没有什么奇迹，所有的奇迹都是人们用智慧、勤劳和心血创造出来的。

1988 年 12 月长征二号 E 火箭正式上马得到了国家大力支持。为了解决急需物资，有关部委专门召开 3 次专项物资紧急订货会，涉及国内 20 多个省 74 个市 300 多家企事业单位的物资，在一天半内就落实了 90%的订货合同，共约 5000 项。7 个月后，分布于全国各地的有关企业就把 7000 多项物资、2000 多吨金属材料、1000 多项机电产品和近 60 万只电子元器件发运至中国运载火箭技术研究院。从澳星入关、火箭发运、靶场准备到发射，国家能源、交通、铁道、民航、海关、公安和有关省市，做了大量的工作。这一切支持使我们深受鼓舞。

在研制长征二号 E 火箭的那些日子里，研究院内到处可以看见这样一幅标语：绝不让研制长二捆的列车在我们这里误点。我们嘴上心里常惦记着一句话：贷款射澳星，负债壮国威。整整 18 个月，540 多个昼夜，超负荷的工作，成了我们的家常便饭，18 个月，研究院成了灯火辉煌的"不夜城"。在研究院里，几乎每个人都怀着对共和国无比深沉和炽热的爱，为了成功的那一天，不畏艰辛，不怕劳苦，不惧挫折，在坎坷的科学道路上从不停歇。

那是在长征二号 E 火箭研制初期，一个燥热的夏季。总体设计部几位负责捆绑连接技术的研究人员，紧锁双眉，陷入了困境。这种捆绑结构，他们只是在国外的画报上看到过，要在没有任何参考借鉴资料的前提下变成事实，实在是太难啦。如果设计不当会造成火箭在空中失稳和损坏；如果连接不好，火箭会在空中"散花"或

无法分离;捆绑的四个助推器任何一个出现问题,火箭都会在空中“倒栽葱”。没有捆绑的实物,构思时他们只好用纸叠成模型,细心地观察力传递途径,并在计算机上进行分析、计算,打印出来的印带摞起来足有1米多高。

在对火箭进行耦合模态分析时,美国人认为:用运算速度不高的微机无法分析计算。只要中方出资200万美元,美方可以代为计算。但是这些都被我们婉言谢绝了。于是,负责这项任务的研究人员月复一月地在计算机房里与枯燥的数字打交道。他们自编出一万多条程序,利用容量有限的微机,进行大规模的数字计算。演算的稿纸堆满了机房,计算出来的数字就连小数点后面的尾数也与美国人的毫无二致。美国专家面对这样的计算结果,伸出拇指连称OK!我们的几位研究人员却为此消瘦了。

建立箱体内液体晃动方程时,设计人员连续奋战两个月。1989年的元旦之夜,正当家家户户团聚喜庆佳节时,几个丢了魂似的人不约而同地来到计算机房,重新一个一个地试验。当屏幕上出现了正确的参数时,几个人惊喜得几乎要跳起来,由于肚子咕咕地叫,他们才发现已连续36个小时没吃饭了。

火箭箭体壁板成型,是钣金加工中的关键一步,但新购置的大型滚床没有按时到货。紧急关头,54岁的老工人杨友业主动请战,凭着丰富的经验和熟练的技术,把机床的吃刀量调小,用10多个工人抱着20毫米厚的铝板,一点一点往里送,来回十几次,使铝板乖乖弯成一定弧度。

在卫星整流罩的生产中,粘合剂渗透进工人们的乳胶手套,腌黑了他们的手掌,肿胀的疼痛令人难以忍受,但他们顽强地坚持着。

身患膀胱癌的老工人、共产党员徐青松不顾手术后虚弱的身体坚持在加工第一线。

老钳工傅永贤的手被钢屑划出一道道血痕,殷红的鲜血流在

砂轮上。

50多岁的共产党员谷振山在12米高的龙门架上一工作就是12个小时……

在研究院里,随处可以看见和上面相似的情景,到处都有感人肺腑的事情。人生能有几回搏?像这样维系民族利益的大事情,拼着性命也值得一搏。中国航天人,以炎黄子孙的坚强、勇敢、睿智、勤劳、不屈的品格创造着奇迹。全箭24套44万多张设计图纸,5000多套特殊工装,几十个部段和十几万个零件,300多项大型地面试验,20多项技术难题,都被我们顽强地攻克了。新型大推力火箭长征二号E就是这样从我们的手中诞生了。

1990年7月,人们盼望已久的时刻终于到来了,长征二号E于16日首次进行飞行试验。然而,此时的西昌地区已进入雷雨季节。世界各国选择发射时机均小心翼翼地避开雷雨季节,因为它会带来设备绝缘性能下降、防雷电困难以及燃料由于温差会引起箭体"出汗"等一系列技术问题。时间不等人。我们大胆闯入了雨季发射的"禁区"。从事气象工作的同志收集分析了西昌地区50年来的2800多份气象历史资料,统计整理出近7万字的气象背景资料,与20多个有关地区气象台站建立起全天候信息交换网,提供雨季的气象情况,同时为了克服雷雨影响,研制了一种先进科学技术与老办法相结合的防雷雨系统。

7月16日9时40分,随着"点火!""起飞!"口令的下达,凝聚着千万人心血的长征二号E火箭首飞成功。那雷鸣般的呼啸声似乎在向世界宣告:中国人是信守合同的,中国人是能够创造奇迹的。

这次成功引来了世界的极大关注。法国世界报说:这是一枚令人生畏的火箭。它的成功,加强了中国运载火箭在世界市场的竞争。美国的火箭专家们盛赞中国人:这次成功是90年代中国航天技术发展的一个新的里程碑,它的研制成功,使中国火箭低轨道运

载能力达到世界先进水平，标志着中国运载火箭技术迈上了一个新的台阶。香港文汇报载文称：在重型运载火箭技术方面，中国仅次于美国、苏联，与法国并列第三，这是中国顶着巨大压力完成的一个伟大壮举。

战胜挫折

1992年3月22日，长征二号E火箭将要把第一颗澳星送入太空。我们望眼欲穿地注视着火箭顶部熠熠生辉的国旗，焦急地静候着激动人心的一刻。18时40分，牵动着成千上万人心弦的巨型火箭在点火后出人意料地没有离开发射台。震耳欲聋，划破长空的响声把人们的心都震碎了。这刻骨铭心的一刹那，给大家日夜企盼的梦想罩上了一层深深的阴影。这个难以想象而且无法接受的事实，无情地摆在了全体研制人员面前。

几分钟后，我和于龙淮等急速地赶到了发射现场距火箭只有100米的地方，顾不上空气中弥漫着浓浓的鱼腥味气体，顾不上少量推进剂还在燃烧，顾不上随时可能出现的爆炸，只有一个共同的想法——“要保住卫星”、“要保住发射设施”。抢险队赶赴现场，合拢固定塔平台，断掉箭上电源，关上火工品短路插头，取下爆炸和引爆器，消防灭火……经过39个小时的拼搏，我们终于保住了澳星，保住了火箭。

然而，问题并没有结束，故障分析从靶场延伸到研究院，仅用17天，我们就找到了事故的罪魁祸首——箭上程序配电器第四、第五触点之间，发现有一铝质多余物。而这个多余物必须同时具备两个条件才起作用：多余物必须正好碰上配电器中10个触点中电流最大的第四触点，多余物必须在触点簧片动态下接触接点。这纯属概率极小的偶发事件，但毕竟导致了发射受挫。

失败并没有把我们压垮。我们深深知道：我们不能再输了，再

输，就会被人家挤出世界商业卫星发射市场。顾不上连续作战的疲劳，我们又投入到奋战100天重新制造一枚长征二号E火箭的拼搏中。

1992年8月14日，随着一串短促有力的指令，发射塔四周漫起一片白雾，乳白色的火箭喷吐出桔红色的火焰，在黛色青山的辉映下，带着耀眼的金光疾速飞去。经过675.284秒的飞行，终于将澳星准确送入预定轨道，准确率超过了被世界航天界认为"最好"的亚星，又是一个世界一流水平。休斯公司和澳大利亚卫星公司的代表忍不住大声称赞："太棒了！太棒了！"

长征二号E火箭终于成功了！它的成功解决了火箭的捆绑技术，实现了中国航天史上的历史性突破。它的成功是中国航天人能力的积聚，是实力的显示，是信心的表现，是中国航天人写下的开拓天疆的新的誓言。

而这仅仅是一个良好的开端，中国航天进军世界航天市场的步伐将更加坚定。

作者系原长征二号E运载火箭总设计师、研究员 胡昱整理

辉煌的跨越

范本尧　柳志清

1997年5月12日，东方红三号通信卫星在西昌卫星发射中心用长征三号甲运载火箭发射成功，5月20日成功地定点于东经125度赤道上空，6月25日顺利完成了通信系统的在轨测试，9月2日完成了四个阶段的卫星平台各系统的在轨测试。卫星的各项功能和技术指标均达到了任务书的要求，卫星至今在轨工作正常。

东方红三号通信卫星的研制、发射成功，标志着我国通信卫星技术已跨上了一个新台阶。卫星上所采用的许多先进技术和主要成果也为今后研制更先进、更大容量的通信卫星奠定了技术基础。我国的通信卫星事业在技术上成功地完成了一次辉煌的跨越。

东方红三号卫星是我国自行研制的新一代中等容量国内通信卫星。星上装有24路C频段转发器，工作寿命8年，主要用于国内的电视传输、电话、电报、传真、广播和数据传输等业

务，其主要服务区域为我国的大陆、海南、台湾及近海岛屿。东方红三号卫星是我国国产通信卫星中性能最先进，技术最复杂，难度最大的卫星，其主要分系统在技术上均有新的突破。东方红三号通信卫星的各项性能比东方红二号甲卫星都有很大提高。仅通信能力而言（以转发的年计），一颗东方红三号通信卫星就相当于12颗东方红二号甲卫星。卫星的技术性能也已达到目前国际上同类卫星（中等容量）的先进水平（如美国的Galaxy1、2、3，法国的Arabsat·1A、意大利的Italsat 1、印度的Insat 2c、以色列的Amos等卫星）。

东方红三号卫星上采用了许多国内首次使用的新技术：采用了先进的卫星公用平台设计概念和模块化、舱段化总体构型设计，卫星分为有效载荷和卫星平台两大部分。有效载荷包含通信舱和通信天线两个模块，卫星平台则由服务舱、推进舱和太阳电池帆板三个模块组成。因而卫星平台可以适应不同有效载荷的需要；卫星上大量采用了碳纤维复合材料，组成以中心承力筒加蜂窝壁板的轻型结构；采用了有大质量液体晃动和大翼展帆板柔性影响的全三轴姿态轨道控制技术；选用了先进的、高效的双组元统一推进系统、一次全展开式太阳电池阵与镍镉蓄电池联合供电的双独立调节母线方案、高热耗散和热流密度的热控设计、国际C频段统一载波测控体制；有效载荷则采用了频率复用和覆盖区赋形技术；在国内首先使用了总控加专检设备的先进自动化测试系统、整星级的EMC测试和不带大量工质的环境模拟试验技术等。这些先进技术不但在国内属领先水平，许多也已达到了当前国外卫星的先进水平。

东方红三号卫星自1997年8月开始，有4—5路转发器开通工作，进行了全国甲级足球联赛和第八次全运会赛场的电视实况转播以及报纸版面的数字传输业务。1998年2月卫星又开通了15路邮电公众网通信业务，目前星上24路转发器均已开通使用。服

务对象遍布全国各地，用户反映话音清楚，图像清晰，传输质量良好。为我国人民的经济生活、文化教育、军事外交以及政治活动等各个方面提供了服务，大大加速我国的信息化进程，推动了我国的改革开放和经济建设。

就经济效益而言，初步估计，如按一路转发器每年150万美元计，每年有20路工作的话，则每年收费约2.5亿人民币。8年则可达20亿人民币，其净收益将不低于10亿人民币。

东方红三号卫星的研制成功为我国提供了一个中等容量的通用卫星平台，并已成功地用于烽火、北斗等后继型号卫星。明显地缩短了研制周期，节省了经费，大大提高了卫星的可靠性。

东方红三号卫星研制过程中所积累的丰富经验，所采用的各项先进技术，所形成的研究、设计队伍以及已建成的生产和试验设施等，都将为更快、更好、更省地研制新型号卫星和大型通信卫星平台打下良好的基础。必将大大推动我国卫星事业的发展和研制水平的迅速提高。

东方红三号卫星的研制成功，也带动了我国多项高科技的发展。由于卫星特殊的使用环境和性能要求，对星上采用的材料、元器件和部件都提出了极高的性能和可靠性要求，有些在国内还是首次研制成功，从而带动了这些领域向更高的水平发展，促进了我国的高科技领域的进步和发展，为我国的现代化建设和科技进步作出了贡献。

与此同时，东方红三号卫星的研制和发射成功，在国际上也产生了巨大反响，一些国家和地区已经或正在就购买中国通信卫星或合作研制通信卫星的问题进行接触和探讨，大大提高了我国的国际地位和在国际航天领域的威望。

正如国务院、中央军委在祝贺东方红三号卫星取得圆满成功时指出的：研制、发射东方红三号通信卫星，表明我国通信卫星技术又上了一个新台阶，对进一步振奋全国人民的精神，促进我国卫

星通信事业的发展，推动我国改革开放和经济建设，提高我国在国际航天领域的威望，都具有重要意义。

作者范本尧系五院科技委常委，东方红三号总设计师，研究员；柳志清系五院508所原党委书记

向我国气象卫星应用事业迈出坚实的一步

童　铠

我国地球静止轨道气象卫星指令与数据获取站(英文简称CDAS),是中国空间技术研究院于1988年底和中国气象局签订合同,首次承包由国内自行研制的第一个大型卫星应用项目。我有幸承担了该项工程的总设计师工作,全系统总体由503所承担,参加研制的单位有501所、502所、504所、539厂。此外还有总公司外协作单位1039所。1994年基本建成待命,它坐落在北京市东北旺国家气象局北京卫星气象站内。1997年6月10日风云二号卫星发射成功,6月17日定点于东经105度赤道上空,四天后,即6月21日13时30分由本CDAS站控制卫星发回并处理出我国第一幅可见光云图,并广播转发了展宽云图、低分辨云图和天气图,同时我国第一套数据收集平台接收系统开始工作。6月23日我国第一套高精度三站测距系统开通。其后经扫描辐射计辐冷抛罩和加热去污后,7月12日又获取我国第一幅红外云图和水

汽云图。图像非常清晰，全站运行良好。卫星和CDAS的投入运行，使我国新一代卫星气象事业登上了新台阶，对我国气象预报和减灾，对经济和军事建设发挥着重大经济和社会效益。

该系统研制立足于国内，技术先进，系统复杂，研制难度很大。1997年10月21日通过了中国气象局主持召开的验收评审委员会验收。1997年10月27日通过了中国航天工业总公司召开的成果鉴定委员会鉴定，包括八位院士组成的专家委员会鉴定认为：该站核心设备数据同步缓冲器(S/DB)达国际领先水平；三站长基线测距系统达国际先进水平；S波段卫星测控及多载波通信广播收发系统，国内外数据平台收集系统，和作为全站配套设备的计算机辅助测试的系统分析器等3项技术都是国内首次采用，居于国内领先地位；全站自动生成运行日程表，全天24小时不间断运行；评委会一致认为CDAS是一项复杂的高科技系统工程，其综合水平达到国际90年代同类产品先进水平。1997年11月29日正式交付中国气象局国家卫星气象中心投入运行。

我国当前卫星应用事业的第一大站

CDAS和我国地球静止气象卫星风云二号(FY-2)是互为配套的地面与空间设备，它对卫星测控管理，共同为卫星气象应用系统提供和传播多种气象云图信息资源。FY-2下传的原始云图，要靠CDAS用20米大天线接收并将带锯齿状畸变的原始云图实时处理为展宽云图，立即重新发往FY-2卫星向国内外气象用户转播，同时用光缆直传国家卫星气象中心，进行天气分析和进一步加工成各种气象产品。并用于中央电视台天气预报。CDAS的三点测距定轨系统和模拟遥测实时定姿系统提供高精度的卫星位置和卫星相机指向的数据，用来在云图上加网格和地形轮廓线，以便精确测定高空风速。CDAS还通过卫星接收无人值守的气象、水文或

地震等数据收集平台的定时测量数据，为气象、水利和地震等事业服务。

CDAS 站是我国第一套集遥感图像接收与实时处理、多种云图广播与数据通信以及对卫星跟踪、测距定轨、遥测、遥控等多种功能于一体，多载波体制工作的大型综合站，也是继美国、日本和欧洲之后具有国际先进水平的第四大站。全系统由一个主站、两个副站组成，共有 3 个天线（一个口径为 20 米，两个为 7 米）、54 个机柜（台）、一套主计算机（5 台）和 13 台下位计算机、一个标校塔组成，分属 14 个分系统。主站设于北京，测距副站 1 和 2 分设于乌鲁木齐和广州。此外，为改善三站测距定位的几何关系以提高对卫星的定轨精度，我国气象局还和澳大利亚协议为本测距系统在墨尔本另设一个测距副站，它与广州副站互为备份。

地球静止轨道卫星的气象云图覆盖大到地球的三分之一表面积，快到每 25 分钟（全图）或更短间隔（区域图）提供一幅云图，从而可以观察到天气的快变化过程，使得台风、雷暴等灾害天气的预报工作快捷可靠。

风云二号气象卫星处于观测我国大陆和海区的理想位置（东经 105 度赤道上空，对应我国成都和重庆之间），填补了我国西部、西亚和印度洋区域大范围的气象资料空白，对监视来自青藏高原、孟加拉湾和阿拉伯海，并对我国产生主要影响的天气系统有重要作用。

我国气象卫星系统和日本、欧洲、美国的同类气象卫星系统一起可构成全球气象观测网络，有利于从全球的角度分析天气的变化规律，无疑将是对国际上的一大贡献。

坚持国产　坚持创新

CDAS 是一个技术先进、设备复杂庞大的地面电子系统工程，

我们走的是国产化的道路，而当前，国产设备面临引进国外设备的强有力竞争。

由于地球静止轨道气象卫星位于三万六千公里高空，获取的数字地球圆盘云图面积大，象素分辨度高，可见光为 35μrad 视角，红外与水汽 140μrad 视角，每幅图的象素点可见光为 10,000×10,000，红外和水汽为 2,500×2,500。卫星扫描辐射计靠卫星自西往东自旋扫描地球产生原始云图图像(图像占 20°扫描角)，每圈(标称周期 T_s=0.6 秒)获取一组数据(持续 33.3ms)。每扫完一圈，相机往南步进一步，25 分钟完成一幅图。

按图像像质不失真要求，象素数据的采样间隔应为等角度的，而实际上其采样、传输和显示都只能是按等时间间隔进行，由于卫星自旋转速有变化，象素数据的采样间隔不能保持等角度的要求。这就造成图像东西长度和每行数据起点的变化。为了保证每行起点的对齐，卫星采用自旋扫描观测到的模拟精太阳脉冲 SP 作为图像位置基准。但又由于地球存在自转和公转，精太阳和图像起点间的扫描夹角又是不断变化的，其变化规律为每天大体均匀减少 360°，过 0 后周而复始。为了简化卫星的设计任务，星上每行图像起点数字精太阳 SSD(行同步头)相对 SP 滞后的时间 NT_c(T_c=292.5714μs，N=1－2050 左右)相对固定，每 70 行左右 N 值递减一，这样可保证图像在卫星视场之内，但此时原始云图是一幅畸变的和带锯齿形的图像，无法直接提供用户使用，为此，复现精确的真实图像的难题便由地面 CDAS 站的 S/DB 设备来承担。

S/DB 功能是恢复真正等角度的无畸变视图，并将数据率降低到 660Kbps，形成展宽云图，隔一行后立即发回卫星，插在两行原始云图数据的时间间隔内，分时经同一卫星转发器转发给广大国内外用户。

在国产化研制进程中，CDAS 的核心设备同步数据缓冲器(S/DB)技术新，难度大，国内无技术储备，而国外则专利保密，购买索

价很高。日本开始研制时，是全盘买美国专利技术和产品，采用的是高速硬件数字重采样方案，我们能否立足国内研制生产，在当时研制周期和经费都很紧张的情况下，关系到系统成败，用户也极为担心。当时我们根据国情，充分注意到当代微机技术的最新进展和我院雄厚的软件开发力量，经过认真的对比分析，决心立足国内，走一条不同于国外的研制道路，我们从 S/DB 的复杂工作原理深入讨论起，制定出“先缓冲存储后重新采样”全新方案，它使等角度重采样的处理时间由 33.3ms（原始云图期间）扩展为 600ms（全自旋周期），成功地实现了用软件方法替代昂贵的高速硬件电路，并显著提高了等角度重采样的插值运算精度和处理灵活性。与此同时还研制了捕获跟踪卫星一直发送，但传输精度不高的模拟精太阳脉冲（SP），并可自动转向跟踪发送原始云图时下传的数字太阳脉冲（SSD）的高精度全数字化锁相环电路，它可自动解模糊求出 N 整数值，用铷钟精度测定卫星石英钟频率以修正提高星上定时精度，精确测定卫星自旋周期以保证等时采样转换为等角度重采样的精度，使重采样分辨率达到 1μrad。研制成功的 S/DB 具有国际先进水平和中国自己的特色。

三站长基线测距对位于三万六千公里以外的地球静止轨道卫星有最好的定卫星轨道位置的精度，国内首次使用，也同属于国际先进水平。S 波段测控与数据传送、全国规模的数据收集平台系统（DCS）以及计算机管理全站自动化运行和对全站设备计算机辅助测试等技术也都是国内首次采用，全站操作高度自动化，全天 24 小时不间断运行。

CDAS 的研制成功标志着我们中国人完全有能力研制出国际一流的、国产化的高新技术产品。也标志我国航天人除在卫星、运载等方面做出出色的贡献外，在卫星应用方面也做出了突出的贡献。

回忆CDAS研制过程中的点点滴滴

1. 总设计师的首要职责在于总体构思

大型工程不同于预研和理论研究，它要按特定的明确目标，在一定的经费、时间内，集合多个分机单位的技术群体力量来完成，我当时作为总设计师的首要职责是保证整体设计正确、协调和关键技术的突破，研制的总方案和大阶段一定要不出错、不返工、不窝工。为此需提前刻苦学习国外先行的几个CDAS站的技术资料，衡量国内的技术基础和条件。根据用户的指标要求构想我国未来CDAS站的全貌应该是什么样子，哪些可以参考借鉴，哪些可以用当前更新的技术提高一步，哪些必须靠攻关创新才能完成任务，还有，用什么样的研制流程才能保证总体方案的实现等等。经过反复琢磨研究，深思熟虑，至此，一个具有中国特色的CDAS站总体构思才能在脑中逐渐形成。从而，使自己在其后的工作中能够成竹在胸，指挥自如。

2. 带领技术骨干队伍攻关创新，首战告捷，鼓舞了士气

为了提前集中优势力量主攻S/DB，补上已经欠缺了的预研攻关重要一课。虽然CDAS的研制起步较卫星晚好几年，时间很紧，仍严格按模型、初样和正样三个设计阶段研制；在工程全面展开前，亲自带领技术骨干，群策群力，集思广益，深入讨论方案，按照先存储后重采样设想，突击研制出模型样机，利用接收外星原始云图信号的有利条件，经过艰苦努力，一举攻克技术难关，首战告捷，大大鼓舞了士气。

大型天线及天线座的研制周期长，但有成熟产品大部可供采用，则一步生产到位，赶上了S/DB初样联试，联试中获得优质的展宽云图，做到在恶劣的10^{-3}误码率条件下一万行数据不丢一行的高可靠水平。其余有研制基础的设备则分模型、正样两步走，全

面展开。全工程初样阶段，是以三个战场分类进行深入反复联试来完成的，由于前期的工作做得扎实，正样研制、联调和星地对接则比较顺利。

3. 精益求精，一丝不苟

1994 年起 CDAS 三年待命期间，本着精益求精，一丝不苟，确保工程质量的精神，我们利用外星进行反复的模拟试运行，尽量把问题暴露和解决在正式执行任务之前。软件的不断磨合，硬件的可靠性增长，三点测距系统静态目标精度的提高等，都为执行卫星发射任务打下良好的基础。

卫星发射成功，在轨测试很顺利，成功地获取了可见光、红外和水气云图，转发了展宽云图、低分辨云图和天气图。经受了干扰的考验。数据收集平台在外界强干扰下，收报成功率仍达一般国外水平，在无干扰条件下，收报达 100%成功无误码。

4. 深入实际，解决难题

凡是影响 CDAS 系统总体性能，一时又解决不了的技术难题，及时解决它是总设计师义不容辞的责任，这时候我总是深入到分机，首先向有关设计师老老实实学习，从系统的角度出发，从更深的层次观察所存在问题的各种客观现象，仔细分析试验数据，摸规律，查电路，找出发生问题的真正原因，然后提出解决问题的思路和方法，请分机同志去实施，这样做的结果，一般来说，分机同志很愿意，问题总是能迎刃而解。

例如在 S/DB 初样接收外星原始云图时，云图经常出现漏行或是花道，长期得不到解决，我当时判明，漏行是因为 QPSK 四相解调器不能在 0,1 交替码连续存在的 8 毫秒内可靠捕获信号，丢失了同步头，同时也就丢失了该行数据；花道则是由于同步分路器抓错了同步头，分路的数据错位引起。从而各分机明确了自己奋斗的方向。

四相解调总是达不到要求，1993 年 4 月我赶飞西安，下午 3

点到达，直奔试验室，和分机同志一起做试验，终于查明，原设计的窄带锁相环不能满足每行数据信号的独立快速捕获解调。我连夜重新设计了锁相环路校准网络，次晨一试而成。

关于同步分路器错捕同步头SSD问题，系统的知识使我深深知道，云图每行数据长度和行间间隔都是不精确固定的，常规固定数据格式的同步头捕获和选通保护方法不适合于本系统，必须扭转观念，找出适合本数据格式的独特捕获方法和流程：SSD用的是巴格码，紧挨0,1交替码之后，两者码距最大，而QPSK未捕获前的噪声以及同步头后的数据中，则虚假同步头很多，不允许进行码捕获。为此必须在QPSK捕获指示到达后立即以较大容错来捕获SSD，以防漏码，捕获SSD后立即关闭捕获电路，直到下次QPSK捕获重新开始。和分机主管讨论，统一认识后，按照这一流程实施，问题迎刃而解。

又例如在轨测试时，由于测距软件还未经过远距离动目标的考验，实际轨道测量数据发生一些有规律的错误，严重影响定轨精度，我们就和有关设计师一起，按错误的规律分析查找，迅速解决了问题，但其后测距数据又出现没有规律的大数错误，在不能分清是硬件还是软件问题的情况下，分析深入不下去，我就请分机人员把五个测音的20组实测原始数据暂时存储打印下来，事后分析，用计算器一点一点的按公式验算整个软件运算过程，发现测距计算机输出的结果不对，排除了硬件问题，其后又在软件中设置了几个中间计算步骤断点核实，从而查明问题出在意想不到的外部，是监控台调机时误操作，使实时传输来的距离零值数据出了大量值差错而致，问题迎刃而解，使测距精度满足了云图加网格要求，并达到国内最高水平。

愿将毕生献给国家重点工程事业

在航天领域我参与和领导完成的完整国家重点大型工程有反导弹制导雷达、地球静止轨道通信卫星连续波测速定位系统、风云二号气象卫星 CDAS 站。现正在研制的工程还有双星导航定位应用系统,同时对我国卫星移动通信和数据中继卫星系统的发展也做了许多有益的探索工作。可算是毕生精力献给了国家重点工程,而且始终处于国际科学技术发展的前沿。把理论和实践紧密地结合在一起。紧紧把握着工程的全局,又深入分机解决重点技术问题。又当技术指挥员,又当战斗员,这样的确很累,身体也搞坏了,多种疾病缠身,但我始终无悔,也赢得身边一起作技术工作的同志赞同,认为"像他这样又掌握全局又亲自解决关键技术问题的总师并不多见!"年轻人更是愿意和我讨论技术问题,一起工作,认为"跟着他干没错,工程肯定能搞成!"我愿默默无闻地奋斗,不管在什么情况下,努力工作刻苦钻研的精神丝毫不减。解决问题,完成任务是我最大的心愿,而自己也从中得到安慰。

作者系五院科技委副主任,中国工程院院士

中国卫星发展及应用

徐 庆 祥

中国从 1970 年发射第一颗人造地球卫星至 1997 年底共发射了 40 颗卫星；在世界空间技术领域占有一席之地，有些已达到同类卫星世界先进水平。在我国通信、广播、电视传输、气象预报、矿产勘探、石油勘探、地震预报、城市规划、铁路选线、环境监测、国土普查、海岸带测量等方面得到了广泛应用。

一、中国卫星的发展

1. 发展方针及重点

中国研制卫星采取由易到难，由低到高，循序渐进，逐步发展的方针。首先以科学技术实验卫星开路，取得经验，然后以应用卫星和卫星应用为重点，发展我国空间技术。

2. 发展过程

中国卫星从 1965 年开始工程研制，1970 年成功地发射了我国第一颗人造地球卫星。在

70年代发射的卫星基本上属于卫星技术的试验阶段(有的边试验边试用),如发射了东方红一号卫星技术试验卫星、实践一号空间探测与技术试验卫星、CHK－1技术试验卫星、FSW－0(0一批)返回式遥感卫星。从80年代初开始陆续进入了我国第一代卫星的应用阶段,如FSW－0(0二批、0三批)返回式遥感卫星、FSW－1返回式遥感卫星、东方红二号通信卫星、东方红二号甲通信卫星、风云一号极地气象卫星、实践二号、实践二号甲、实践二号乙空间探测及技术试验卫星。从90年代初开始陆续进入了我国第二代卫星的应用阶段,如FSW－2返回式遥感卫星、东方红三号通信卫星。同时,继续研制和应用第一代卫星,如第一代地球静止轨道气象卫星——风云二号卫星。

3. 发展类型及各类情况

从1970年至1997年底共发射了40颗卫星,这些卫星就其用途可分为4类16种卫星。

(1)通信卫星

东方红二号卫星。这是我国第一代通信卫星,卫星采用双自旋稳定方式,1984年4月8日发射成功,定点在东经125°赤道上空。这颗卫星的发射成功,使我国成为世界上第五个能发射地球静止轨道卫星的国家。从1984～1986年共发射三颗东方红二号卫星,用于通信、广播和电视传输。其中1984年1月29日发射的卫星,由于运载火箭故障,未能进入地球静止轨道的转移轨道。

东方红二号甲卫星。这是在东方红二号卫星基础上改进研制的国内第一代改进型通信卫星,也是采用双自旋稳定的地球静止轨道,有效载荷装有国内波束的截抛物面天线,有4台C频段转发器,用以完成电视、广播、电话、数传等各类信号的转发。从1988年到1991年共发射4颗东方红二号甲卫星,其中1991年发射的卫星由于运载火箭故障,卫星未进入预定的地球静止轨道的转移轨道。

东方红三号卫星。这是我国第二代实用通信卫星，具有80年代初国际先进水平，它是中容量的三轴稳定地球静止轨道卫星，有效载荷为24台C频段转发器，卫星寿命为8年，于1997年5月12日发射成功，定点于东经125°赤道上空，用于电视传输、电话、电报、传真和数据传输等通信业务。1994～1997年共发射二颗星，1994年发射的卫星由于星上姿态控制的推力器泄漏，燃料耗尽，使卫星未能定点。

(2)返回式遥感卫星

1975年到1996年共成功发射了17颗返回式遥感卫星，其中16颗按计划正常返回地面，送回的大量遥感资料已广泛应用于国民经济各个领域，如矿产勘探、地震预报、城市规划、国土普查、铁路选线、环境监测、海岸带测量等等，社会效益和经济效益巨大。

FSW－0型卫星：这是第一代返回式遥感卫星，1975～1978年共发射三颗试验型(0一批)卫星，使我国成为世界上第三个掌握航天摄影和卫星返回技术的国家。每星在轨运行3天。1982～1987年共发射6颗实用型(0二、0三批)卫星，每星在轨运行5天。

FSW－1型卫星。也是第一代实用型返回式遥感卫星，与FSW－0型卫星不同，是新型遥感器，其遥感器与国外同类卫星遥感器可以媲美。每星在轨运动一般为8天。从1987～1993年共成功发射5颗星，其中1993年发射卫星由于卫星控制系统故障，未能按计划返回地面。

FSW－2型卫星是第二代实用型返回式遥感卫星，达到世界上同类卫星先进水平。在轨运行一般为15天。从1992～1996年共成功发射3颗星。

(3)气象卫星

风云一号卫星。这是我国第一代太阳同步轨道气象卫星，主要用于对地球及大气层进行气象探测。卫星采用三轴稳定方式，从

1988 年至 1990 年共发射二颗星，使我国成为继美、苏之后第三个发射太阳同步轨道气象卫星的国家，使我国气象事业进入空间探测地球大气的新阶段，是我国空间技术和气象现代化建设的一个突破性进展。

风云二号卫星。是我国第一代地球静止轨道气象卫星，主要为提高我国气象预报的准确性、及时性及气象科研服务。卫星采用双自旋稳定方式。1997 年 6 月 10 日发射成功。定点于东经 105°赤道上空，用于实时监测我国及周边地区天气变化，提供可见光、红外和水汽云图。

(4)科学实验卫星

从 1970 年到 1994 年共发射了 11 颗科学实验卫星，进行空间物理探测以及卫星的新技术试验。

东方红一号卫星。这是我国第一颗人造地球卫星，于 1970 年 4 月 24 日发射成功。卫星自重 173kg，近地点 439 公里，远地点 2384 公里，卫星进行了卫星有关技术试验，并播放了《东方红》乐曲。

实践一号卫星。1971 年 3 月 3 日发射成功，是科学探测和技术试验卫星，主要任务是试验太阳能电池供电系统、主动无源温度控制、长寿命遥测设备及无线电线路在空间环境下长期工作性能，以及测量高空磁场、X 射线、宇宙射线、外热流等空间环境参数。卫星在轨运行正常工作八年多。

CHK－1 技术试验卫星。在 1975～1976 年共成功地发射三颗星，进行了卫星有关技术试验。

实践二号、实践二号甲、实践二号乙卫星。1981 年 9 月 20 日利用一枚运载火箭同时发射三颗不同的卫星，进行空间物理探测及新技术试验。

大气一号、大气二号气球卫星，是 1990 年 9 月 3 日发射风云一号气象卫星时，又从运载火箭上放出的两个科学探测气球，都是

用于研究高空大气的。

实践四号卫星。1994 年 2 月 8 日发射成功，进行空间环境的探测。

4. 卫星发射简况

见中国发射的自行研制卫星简况表

中国发射的自行研制卫星简况表

序号	卫星名称	发射日期	简　　况
1	东方红一号卫星	19700424	中国第一颗人造地球卫星，进行技术试验并播送《东方红》乐曲
2	实践一号卫星	19710303	用于空间物理探测及新技术试验，在轨运行工作 8 年多
3	CHK－1 技术试验卫星	19750726	星上仪器工作正常
4	FSW－0 返回式遥感卫星	19751126	用于对地观测，运行 3 天后按计划返回地面
5	CHK－1 技术试验卫星	19751216	星上仪器工作正常
6	CHK－1 技术试验卫星	19760830	星上仪器工作正常
7	FSW－0 返回式遥感卫星	19761207	用于对地观测，运行 3 天后按计划返回地面
8	FSW－0 返回式遥感卫星	19780126	用于对地观测，运行 3 天后按计划返回地面
9～11	实践二号、实践二号甲、实践二号乙卫星	19810920	1 枚箭同时发射三颗星，进行空间物理探测及新技术试验
12	FSW－0 返回式遥感卫星	19820909	用于对地观测，运行 5 天后按计划返回地面
13	FSW－0 返回式遥感卫星	19830819	用于对地观测，运行 5 天后按计划返回地面

续表

序号	卫星名称	发射日期	简　　况
14	东方红二号通信卫星	19840129	由于运载火箭故障，卫星未能进入地球静止轨道的转移轨道，故通信功能和新技术试验仅获得部分成功
15	东方红二号通信卫星	19840408	定点在 125°E 赤道上空，完成通信试验后承担国内部分通信业务
16	FSW－0 返回式遥感卫星	19840912	用于对地观测，运行 5 天后按计划返回地面
17	FSW－0 返回式遥感卫星	19851021	用于国土普查，运行 5 天后按计划返回地面
18	东方红二号通信卫星	19860201	定点在 103°E 赤道上空，用于通信、广播和电视传输
19	FSW－0 返回式遥感卫星	19861006	用于国土普查，运行 5 天后按计划返回地面
20	FSW－0 返回式遥感卫星	19870805	用于对地观测及国内外微重力搭载试验，为法国马特拉公司进行微重力试验，运行 5 天后按计划返回地面
21	FSW－1 返回式遥感卫星	19870909	用于对地观测和微重力试验，运行 8 天后按计划返回地面
22	东方红二号甲通信卫星	19880307	定点在 87.5°E 赤道上空，用于通信、广播和电视传输
23	FSW－1 返回式遥感卫星	19880805	用于对地观测和微重力试验，运行 8 天后按计划返回地面
24	风云一号极轨气象卫星	19880907	太阳同步轨道，进行图像传输、气象预报试验

续表

序号	卫星名称	发射日期	简　　况
25	东方红二号甲通信卫星	19881222	定点在 110.5°E 赤道上空，用于通信、广播和电视传输
26	东方红二号甲通信卫星	19900204	定点在 98°E 赤道上空，用于通信、广播和电视传输
27～29	风云一号极轨气象卫星、大气一号、大气二号气球卫星	19900903	风云一号气象卫星上装有两台甚高分辨率扫描辐射计，可昼夜监视云图。大气一号、大气二号气球卫星也从运载火箭上放出，是科学探测气球，用于研究高层大气
30	FSW－1 返回式遥感卫星	19901005	用于对地观测和微重力试验，运行 8 天后按计划返回地面
31	东方红二号甲通信卫星	19911228	由于运载火箭故障，卫星未进入预定的地球静止轨道的转移轨道
32	FSW－2 新型返回式遥感卫星	19920809	用于对地观测和微重力试验，运行 16 天后按计划返回地面
33	FSW－1 返回式遥感卫星	19921006	用于对地观测和微重力试验，运行 7 天后按计划返回地面
34	FSW－1 返回式遥感卫星	19931008	用于对地观测和微重力试验，运行 8 天后由于星上控制故障，卫星未能按计划返回地面
35	实践四号卫星	19940208	探测空间环境
36	FSW－2 新型返回式遥感卫星	19940703	用于对地观测和微重力试验，运行 15 天后按计划返回地面
37	东方红三号通信卫星	19941130	由于星上姿态控制故障，卫星未能定点

续表

序号	卫星名称	发射日期	简　况
38	FSW－2 新型返回式遥感卫星	19961020	用于对地观测和微重力试验，运行 15 天后按计划返回地面
39	东方红三号通信卫星	19970512	定点于 125°E 赤道上空，用于电视传输、电话、电报、传真和数据传输等通信业务
40	风云二号静止气象卫星	19970610	定点于 105°E 赤道上空用于实时监测我国及其周边地区天气变化，提供可见光、红外和水汽云图

二、卫星应用情况

这里分类采用应用实例加以叙述

1. 通信卫星应用

在通信、广播、电视传输等方面得到了应用。

东方红二号卫星应用。完成了边远省区大城市(乌鲁木齐、拉萨、昆明)的电视传输、15 套广播节目发送，北京至乌鲁木齐、拉萨和昆明的通信，新华社及地震局的数字通信、水利电力部的水文调度等通信业务。

东方红二号甲卫星应用。第一颗卫星用于传送中央电视台第一、二套节目和云南、贵州、新疆电视台节目以及 30 路广播节目。第二颗星用于通信和转送教育电视一台、二台的节目。第三颗星专门用于通信。这三颗卫星承担了 20 世纪 80 年代到 90 年代初国内卫星通信和主要业务，取得了巨大的经济和社会效益。

东方红三号卫星应用。自 1998 年 2 月 10 日至 6 月。15 个转发器已用于我国国家公众通信网，另有 3 个转发器用于球赛等现

场转播，如全国八运会比赛情况现场转播。

卫星使我国电视人口覆盖率达80%。中央电视台通过卫星每天向新疆、西藏、青海、云南等边远地区、山区、海防和边防地区的数亿人民播送电视节目，一举解决了这些地区收看中央电视台节目的难题。全国已建成广播电视卫星接收站3万多个，使我国电视人口覆盖率达80%，电视观众超过7亿人。

卫星电视教育成效显著。中国卫星电视教育网是世界上规模最大的没有围墙的大学。每天播出教育节目30小时。10年来，全国有省级以上电视大学42所，培养电大毕业生117.5万人。专门开设的电大继续教育节目，使300多万在职职工接受继续教育和岗位培训，全国有327万中、小学教师接受电视教育培训，还有2000万农民收看农村实用技术节目，卫星电视教育发挥了巨大作用。

利用卫星调动资金。中国人民银行以北京站为中心，通过卫星连接全国350个分站，形成由总行与一级分行组成的金融数据传输网络，在全国范围内部分地实现了资金清算与转化，金融信息系统、业务培训等的管理现代化，大大减少了在途资金，仅此一项，每年为国家节省数百亿元。

深圳证券卫星通信双向网。该网是为异地证券商、股民提供的一个实时、高速率、大容量通信网络。截止到1995年底，已在全国开通500多个用户站，是目前国内最大、运行最好的卫星通信网。功能如下：①即时行情，业务公告的广播；②上报委托，下收成交、清算；③与中央结算公司的通信；④为股民提供信息服务及咨询系统；⑤卫星电话。

2. 返回式遥感卫星应用

在地矿勘察，石油勘探，地震地质，城市规划，铁路、管路、水路选线，环境监测，海岸测量，考古等方面得到了广泛的应用。

地矿勘察。首都钢铁公司所属地质勘探公司与长春地质系统

遥感研究室合作，利用卫星照片，对西到官厅、东到密云、南到北京、北到古北口的大约 16 万平方公里的地区开展地质勘察，找到了 7 个成矿(主要是铜矿，还有钼、铝、锌等)预测区。又如，四川地矿局利用卫星照片，首次圈定 7 条成矿断裂带，新发现金矿点异常等 57 处，是已知金矿的 4 倍，为普查评价提供了 20 个找矿区。节省勘探费 100 余万元。

深层油气田开发。新疆塔里木盆地地广人稀，在这里找油耗费巨大。石油天然气总公司利用卫星遥感资料，全面深入研究塔里木盆地石油地质构造特性，将盆地划为三级 10 块有利含油气区。此外，在卫星照片上，还发现该地区有 7 个环形影像异常，推测为含油构造，可能成为一定规模的产油气田。

地震地质调查。1988 年国家地震局利用卫星照片，确认河北廊坊地区地震烈度由原来Ⅸ降为Ⅷ级，从而使该地区能够引进项目 349 项，计划总投资 153 亿元，建成项目 83 项，创产值 8.7 亿元，建设面积 1500 万平方米，节约基建投资 7200 万元。又如，利用卫星照片发现山西大同某电厂工程恰好位于地层断裂部分，经过钻探验证后决定搬迁，从而避免了几千万元投资的损失(1978 年的投资额)。再如，利用卫星照片发现京山铁路方案中滦河大桥原桥址选在青龙河的断裂带上，经钻探验证，河底确有 300 米宽的破碎带，由此决定桥址北移。

京、津、唐国土普查结硕果。利用卫星照片，对京津唐地区的多次资源情况进行了评估与调查，得出如下重要数据：①该地区有净耕地 247 万公顷；②首次提出该区劣质土地数量和分布；③全区总产水量为 129.56×10^{8} 平方公里；④森林覆盖率为 11%，低于全国水平，植被覆盖率为 32%；⑤发现一级铁矿 6 个，二级铁矿 5 个，新增贮量 4 亿吨，节省地质调查费 30 万元。

进京天然气工程的选线。石油天然气总公司利用卫星照片，从宏观上确定了陕甘宁至北京的输气管线最佳位置。与常规选线相

比，时间短，质量高，节约资金100万元，通过卫星照片确定的选线方案，比预选路线缩短40公里，可节省工程费1520万元。

南水北调工程选线。水利部南水北调西线工程，即从长江上游调水到黄河上游的跨流域大型工程，该区地质复杂，高寒缺氧，困难重重。卫星遥感为工程选线工作提供了极大的方便，取得了大量科研成果，大大减少了野外作业时间，缩短了周期，比常规调查节省经费50万元。

黄河地区环境监测。石油天然气总公司利用卫星遥感资料研究表明：1976～1989年黄河入海口向海净增造陆面积453平方公里；黄河河道可稳定到2000年，预计2000年累积造陆面积达760平方公里，根据研究成果，胜利油田放弃原定黄河改造计划，节约资金10多亿元。

返回式遥感卫星除完成卫星主任务外，还挖掘潜力，利用有效载荷剩余能力，进行搭载试验，基本上属于微重力试验，个别属于卫星新技术试验。从1987～1996年共进行了300多项搭载试验，包括有源（用卫星能源）搭载项目28项，无源（不用卫星能源）搭载项目292项。进行了空间育种、空间材料生长、生命科学等微重力试验。

3. 气象卫星应用

在植被、台风、暴雨、海冰、积雪监测等方面得到了应用。

植被监测。1988年10月通过卫星观测资料的处理得到的中国松辽平原植被分布图，可清楚地看到该地区植被状况，同时还可看到1987年森林失火后兴安岭地区植被恢复情况，对指导农业和林业生产有很大参考价值。

洪水监测。1990年9月3日，卫星观测得到的松花江下游及其支流的彩色图像可以看出由于暴雨使主河道口宽度大大超过正常值。1991年夏季江淮地区遭遇特大洪涝灾害，从卫星观测得到的各省、各县的洪水面积与飞机遥感得到的洪水面积相差很小，而

成本比航空遥感监测低得多。且更便于对洪水涨落进行动态监测。

海冰监测。1991 年 1～2 月间气温下降，辽东湾冰情迅速发展，使正在海上作业的 108 号船受到流冰的严重威胁，通过卫星观测，提供了 26 幅渤海海冰图像，使该船得到冰情资料，作了适当处理，避免损失，保证人员安全，为后续工程顺利进行提供了保证。

云图利用。风云一号第二颗星发射成功后，中央电视台大量使用甚高分辨率云图资料，每天在 19:30 天气预报节目中播发多轨拼图，其内容包括云、冷峰云系、台风等各种天气系统。在亚运会期间国家气象局卫星气象中心和北京市气象局提供了 22 幅亚洲地区与北京地区的云图图片，并专为亚运会制作了亚欧地区彩色拼图，为开好这次体育盛会作出了贡献。

积雪图利用。利用卫星观测的晴空积雪图，先后为中国科学院兰州冰川冻土研究所提供了 5 次积雪照片，很受欢迎。其中，天山和藏北高原积雪图参加了亚洲遥感会议展览。

风云二号卫星为中国乃至亚太地区广大用户提供展宽数字图像、水汽图像、天气图传真以及各种经过处理的产品，并将在亚太区域的自然灾害监测和全世界日益关注的全球气候变化的研究与监测中发挥重要作用。

风云二号卫星的资料产品主要分为图像产品(云图)、数值产品和水汽产品等。除对天气、气候和数值预报等气象领域具有重要应用价值外，它们在海洋、水文、航空、航海、农林牧渔和环境监测等领域亦有广泛的应用潜力和巨大的经济效益。

4. 科学实验卫星应用

主要在空间环境参数探测和卫星本身新技术试验中得到了应用。

东方红一号卫星进行了卫星技术试验，取得了大量的卫星工程遥测参数，为后来的卫星研制工作提供了依据和经验。

实践一号卫星上采用的太阳能电池加镍镉蓄电池供电系统成

为中国以后长寿命应用卫星所使用的电源方案。

CHK－1技术试验卫星取得多项卫星技术成果，为以后卫星所采用。主要有首次将计算机应用于卫星，采用程控为主、地面遥控为辅的控制方案；双频信标机兼作跟踪、遥测和数传综合利用体制；卫星的三轴稳定姿态控制技术第一次得到考核；大量采用可靠性高的TTL集成电路；改进银锌电池的工艺，使卫星工作寿命延长三分之一。

实践二号卫星所采用的多项新技术为以后卫星所使用，如可活动的太阳能电池帆板；太阳能电池阵加镍镉蓄电池组成的能源系统；由红外地平仪、太阳角计、星上控制线路盒组成的控制系统使卫星整星对日定向；单组元(肼)推进系统；减小卫星自旋章动角的弯管式章动阻尼器；可实现数据重放的磁性存贮器；进行整星主动、被动热控的热管和百叶窗。

实践一号、实践二号、实践四号卫星所作的空间物理探测为以后卫星研制提供了基础性资料——空间物理参数。如探测地球附近空间的带电粒子、预报太阳质子事件，为以后卫星改进无线电通信和导航作出贡献。测量地球和大气的红外和紫外辐射背景，为多种对地观测卫星提供基础性辐射背景性资料。探测太阳活动、测量大气密度，为以后改进卫星轨道计算、提高卫星轨道预报的精度作出贡献。

以上卫星应用实例和情况只是卫星应用中的一部分，卫星应用已越来越广泛和深入。

作者系五院科研部原副部长、研究员

氢氧发动机的诞生

朱森元　朱尧铨

1984年4月8日，长征三号运载火箭把我国第一颗试验通讯卫星送到了三万五千八百公里的地球同步轨道上。在这一举世瞩目的试验中，液氢液氧发动机作为运载火箭第三级的动力装置，按预定程序二次启动工作正常，性能符合要求，圆满地完成运载任务，首次获得成功。

氢氧发动机的研制成功，开辟了我国发展低温高能液体火箭发动机的新领域，填补了我国低温技术史上的一项重要空白，从而使我国成为世界上完全依靠自己力量研制成功氢氧发动机的少数几个国家之一。为我国航天事业的进一步发展奠定了新的基础。

一

早在60年代初，在著名火箭技术专家任新民的领导下就酝酿开展低温技术和氢氧燃烧试验技术的研究工作，并于1965年组建了一个氢

氧发动机研究小组。当时,国外的氢氧发动机已逐步进入实用阶段,但由于保密的原因,资料报道很少。而国内,液体火箭发动机虽已研制多年,但对氢氧发动机技术还是一无所知,是一项空白。研究小组的主要任务是调查研究,收集资料,进行一些探索性工作。东方红一号卫星发射成功后,我们着手制订氢氧发动机的预先研究计划,成立专门的研究室。70年代初期,正是极"左"思潮盛行时期,科研生产遭到很大破坏。在这种情况下,要开展新型氢氧发动机的预研工作困难很大。但是,我所的技术人员有坚强的事业心和为国争光的志气,有在长期为我国航天事业的发展中培养和磨炼出来的勇于克服困难和吃苦耐劳精神,加上工人同志的紧密配合,预先研究工作很快就开展起来了。我们先后研制几百公斤推力的燃烧室试验件和几吨推力的氢氧发动机单管燃烧室,并进行了多次试验,均获得了较好的结果。这样大大地鼓舞了科技人员的士气,增强了向氢氧发动机技术进军的信心。

在预研工作中我们遇到的一个重大关键项目是涡轮泵的研究问题。和研究其他发动机一样,这是一个极为重要的环节。但在当时,连起码的涡轮泵试验设备都没有。在这种情况下,科研人员决定自己动手,和试验室的工人一起利用现成的泵试验台进行改装,在短期内建成了一个超低温高速齿轮试验台。并在长春应用化学研究所的协助下,解决了齿轮超低温润滑的重大难题。

对于氢泵的研制,开始大家担心设计不出来。可是,在科技人员的刻苦钻研下设计出来后,同样也是缺乏试验设备。其中,主要的困难是氢泵试验的驱动问题。围绕这一问题大家想办法,出主意,因陋就简,土法上马,终于建成了一个"液氢半系统试车台"。用这种试车台进行液氢系统的试验,不仅可以测得液氢泵的扬程流量特性,而且对诸如液氢泵的绝热问题、预冷问题、液氢活门的协调等一系列问题都可以同样得到考验。1974年3、4月间,我国第一台液氢泵就是这样在液氢半系统试车台上获得了首次试验成

功。这一成功标志着氢氧发动机的预研工作有了重大突破。

二

随着国内外通信卫星事业的发展和我国航天事业的需要，1970年4月东方红一号卫星发射成功后，国家就开始酝酿发展同步定点通讯卫星的计划。其中氢氧发动机作为运载火箭第三级动力装置的方案之一也就提到了决策层的议事日程上。

1974年5月，周恩来总理批转了邮电部工人的信，指示要组织力量尽快开展我国通信卫星的研制工作。为了坚决贯彻周总理的指示，国家科委和国防科委先后召开了一系列会议研究发展通信卫星的问题。七机部也在1973年唐山会议研究通信卫星运载方案的基础上，于1974年8月召开了“748”专业会议，进一步深入讨论了运载方案。运载火箭第三级动力装置究竟采用新型氢氧发动机还是采用常规可贮存推进剂发动机，在科技人员中曾经有过争论。一种意见认为氢氧发动机在我国还是空白，加上国内超低温技术基础薄弱，要在短时间内研制成功这种高能新型发动机，不仅会遇到大量的技术关键，而且从材料、设备、工艺等各个方面都会碰到很大困难。另一种意见则认为，常规可贮存推进剂发动机虽然已经有较丰富的研制经验，技术关键少，研制周期短。但从性能和发展前景方面相比，氢氧发动机具有更大的优越性。从发展我国航天事业的长远利益出发，研制氢氧发动机是登高望远之举。“748”会议后，氢氧发动机的预研工作迅速进行着，到1975年1月，我国第一台氢氧发动机成功地进行了整机热试车，为正式型号发动机的研制奠定了良好基础。1975年3月31日毛泽东主席批准了我国自行研制通信卫星的计划，并被列为当时国家的一项重点工程。

由于氢氧发动机的预研工作取得重大进展，1976年8月七机

部作出了氢氧发动机作为通信卫星运载火箭第三级动力装置的正式决策。从此，氢氧发动机的型号研制工作在任新民主任、张镰斧院长和卢庆骏副院长的组织指挥下，在发动机专家刘传儒、王之任等人的直接领导下按照严格的科研程序有条不紊地开展了起来。

三

粉碎“四人帮”后，航天事业重放光彩。党和国家对发展我国航天事业非常重视。参加氢氧发动机研制和攻关的全体科研、生产、试验人员受到了巨大的鼓舞，更加争分夺秒地进行氢氧发动机的研制工作。

由于超低温技术是一项复杂的技术，在预先研究工作的逐步深入中，我们对这一技术虽然已经有所认识，但仍有许多规律尚未掌握。为了掌握这些规律，往往要付出巨大的劳动。有时，还要冒生命的危险。1978 年 1 月，在一次试验中，发生了严重的爆炸事故。正在参加试验的科研人员当场就有十人受伤。他们有的被烧伤了脸，有的被烧掉了头发和眉毛，有的被气浪击成了脑震荡。同年 3 月，在调试氢泵试验台时，又发生了大火，火势直冲十多米高。但是，这一系列的事故，并没有动摇科研人员攻关的决心，而是从这些事故中吸取科学的营养，逐步掌握了液氢、气氢的安全排放和防爆等知识，在以后的试验中防止了类似事故的发生。

经过科研人员几年的艰苦探索，1978 年 9 月终于获得了型号氢氧发动机整机 50 秒试车的首次成功。这一成功牵动了所有参试人员的心，这是七八年来同志们辛勤劳动的结晶。为了抢时间扩大战果，在以后的时间里大家自动地放弃了几乎所有节假日的休息，在副总设计师王之任等同志的带领下，与生产、试验人员密切配合，夜以继日地连续奋战，使发动机接连通过了 150 秒、500 秒和 750 秒的试车。这一系列的成功，证明氢氧发动机的设计方案是可

行的。科研人员高涨的热情，旺盛的斗志，掀起了一股从未有过的“氢氧热”。

但是作任何事情，总不会是一帆风顺的。要完全掌握氢氧发动机的技术，同样也要经过一个实践、认识、再实践、再认识的过程。随着研制工作的不断深入，一些尚未掌握的规律需要掌握，一些尚未暴露的问题暴露了。新问题解决了，认识又加深一步。

1980 年 4 月，氢氧发动机进行了第一次上千秒长程试车。在这次试车中，涡轮泵轴承遭到了严重破坏。为了分析故障和攻克难关，科研人员从改进轴承设计和改善试验条件两个方面进行工作。在采取多种措施的同时，还和轴承研究所的科研人员一起共同研制新的轴承。由于没有掌握问题的实质，虽然先后采取了多种措施，但问题没有得到解决。在长达半年多的时间里，科研人员在任新民、卢庆骏等领导同志亲临指挥下，反复改进，反复试验，终于研制出了新的轴承，问题才得到了解决。

轴承关刚刚闯过，发动机漏氢起火的问题接踵而来。为了尽快找到漏火的原因，大家不分昼夜地进行分析。有的坐在录像机前，一个画面一个画面地观看试车实况，寻找漏火部位；有的和工人师傅一起，仔细进行试车产品的分解和密封性试验；有的坐在会议桌前讨论产生故障的各种因素，以及采取的补救措施。当时，正值酷暑盛夏，为了早日攻克这一难关，大家不顾汗流浃背，不顾蚊虫叮咬，不顾连续加班带来的疲劳，忘我地工作着。在几个月的工作中，大家根据氢氧发动机常温下装配，超低温下工作的特殊性，提出了防漏的综合措施。经试车证明，这些措施是行之有效的。

进入 1982 年，发动机的研制逐步完善，胜利即将在望时，又一个重大技术关键出现了。这就是涡轮泵次同步共振。由于它在试车中时隐时现，具有很大的随机性，不出现时，发动机可以正常工作；出现时，发动机会遭到严重破坏。我们曾在一段时间里，误认为这是偶然现象。在多次故障分析中，科技人员根据数据进行分析

后,认为这是发动机本身的固有振动规律,故障发生有其必然性。同时,环境强度研究所的同志通过理论分析,也确认这是一种次同步共振现象,并指出,这一问题如不解决,发动机可靠性就得不到保证。

为此,在一院的直接领导下,以发动机研究所和环境强度研究所为主成立了攻关小组。攻关组的同志在深入进行试车和理论分析的基础上,进行了一系列减振试验,采取了多种措施方案。在大量试验的基础上,终于设计出了一种结构简单的支承,有效地消除次同步共振。这是最终取得氢氧发动机研制成功的重大转折点。

四

1984年春节前夕,人们久已盼望的用长征三号运载的我国第一颗试验通信卫星在西昌卫星发射中心升空,但因三子级氢氧发动机第二次起动后工作不正常,试验未取得完全成功。

为了分析发动机工作不正常原因,科技人员自动放弃了新春佳节的休息,从旧历年三十晚上就开始投入到了紧张的故障分析中。大家从全局利益出发,不推诿,不扯皮,更不去埋怨别人,主动从自已负责的工作上找原因。党委和所的领导也召开了紧急会议,要求全体科研人员发扬不怕困难、吃苦耐劳、连续作战的优良传统,全力以赴配合靶场做好工作、确保试验通信卫星再次发射的圆满成功。靶场的同志,由于身临其境,压力更大,日以继夜地工作着。当大家异常紧张奋战的时候,聂荣臻元帅发来了慰问信,勉励大家继续努力。这大大增强了同志们夺取胜利的信心。

为了保证氢氧发动机第二次启动工作正常,在认真分析故障的基础上,任新民总设计师以及刘传儒、王之任、朱森元、王桁、顾明初等同志和科技人员一起先后提出了几条重要改进措施。并立即组织科研、生产、试验人员予以实施。由于时间紧迫,在前后短短

的几天几夜中，科研人员从设计、生产到试验，一环紧扣一环，一刻不停地工作着。紧张的方案讨论会还未结束，设计工作已经开始，边讨论边设计；图纸还未下厂，工人就作好了一切生产准备；试验件还未到，试验室的一切准备工作，包括人员、设备都已就绪。“时间就是命令”已成了大家的行动准则。工作紧张而有条不紊地进行着。刘传儒等领导同志都亲临现场和大家一起工作。家住城里的同志星期天照样赶来上班；双职工夫妇晚上留下孩子，双双都去加班；病号也不甘落后，带病坚持工作；靶场回京执行任务的同志，下飞机后不是先回家，而是先到车间和实验室现场，投入紧张的工作。当靶场指挥部要求把试验时间再缩短 24 小时时，科研人员想方设法，苦干加巧干，仅用了 8 个小时就完成了任务。

实验室的试验完成后，我们又立即配合试验站进行了一系列的热试车和其他有关试验，均获得了预期的结果。从而为试验通信卫星再次发射准备好了充分的条件。

1984 年 4 月 8 日 19 时 20 分，长征三号再次把巨大的箭体推向太空。氢氧发动机出色地完成了所有工作程序，把卫星送到了大椭圆转移轨道。历经 8 年，我国第一台氢氧发动机终于研制成功了！

结 束 语

氢氧发动机的研制成功，在我所历史上是光辉的一页，也是我国液体火箭发动机发展史上的光辉一页。我们能在短短八年内，解决如此众多的技术难关，克服技术、设备、材料、试验等种种困难，确实可以说是一种前所未有的业绩。8 年中，我们进行了大量的试车，经受了多次失败和挫折，终于用自己的汗水和心血把氢氧发动机这朵航天之花浇灌出来了。它是多年来参试的领导干部、科研人员和全体工人为我国的液体火箭发动机事业，忘我献身精神的集

中体现和总结，是广大科技人员智慧的结晶。随着航天事业的蓬勃发展，氢氧发动机将会发挥更加重要的作用，取得更加光辉的成就。

作者朱森元系一院11所研究员，中科院院士；朱尧铨系一院11所党委副书记、高级政工师

我国第一颗试验通信卫星远地点发动机的诞生

武仲璋

1984年4月10日8时41分1秒，是一个激动人心、令人难忘的时刻。那一时刻，我和聚集在国家航天测控中心指挥部的同志们，聚精会神地审视着指挥大厅里遥测显示屏幕上的信息，对两天前发射升空即将飞临空间大椭圆过渡轨道远地点的我国第一颗试验通信卫星——东方红二号，大家寄予了无限的深情和殷切的期盼。就是在这一瞬间，正在太空过渡轨道上遨游并和卫星安装结合为一体的远地点固体发动机，正处于理想的空间位置，她严格遵照地面瞬间发给的遥控指令，解锁点火，准确及时地启动工作，以其燃气产生的巨大推力，极其精确地推动卫星变轨运动，消除轨道倾角，使卫星进入赤道平面上空、距地约三万六千公里的圆形准同步轨道，并赋予卫星以准同步轨道速度前进，使其开始准确地向最终定点位置漂移，由于那一刻远地点发动机的高质量高精度作用，出色正确地赋予卫星理想的运动方向与速度，使卫星

定点比预计的周期提前了不少时日，在4月16日即完成在东经125°赤道上空定点，并由于远地点固体发动机极其规范的动作，使卫星节约了大量的调姿需消耗的遥控工质，从而使卫星获得了额外的延长工作寿命的效果。精彩的空间技术表演赢得的掌声欢呼声响彻指挥所，胜利的喜讯，传向祖国的四面八方。我们庆幸经过几年的辛勤劳动，以精美的答卷给建国35周年献上一份厚礼，令我们自豪的是，中国在世界航天高科技领域又占有了光辉的一席之地。

试验通信卫星工程，是在1975年邓小平同志主持中央日常工作期间，经毛主席、周总理批准开始进行的。它是一项军用和民用结合的、兼顾通信和广播电视传输、图片文字数字传送的高科技综合利用工程。当今信息时代的发展，有力地推动着经济生活和社会进步，卫星通信的实现，显示了我国航天科技的新水平，在国际上产生了重大的影响。我们航天工业部第四研究院为能参与到这一工程并承担卫星远地点发动机这一关键部件的研制而感到十分光荣。但是，这是一项在我国没有先例可循、技术比较新、难度比较大、时间相当紧的重大任务，当时我们的技术水平还比较低，要夺取这一重大胜利，摆在我们面前，有不少的艰难险阻，许多专业技术难点，有待攻克掌握。强烈的事业心，历史的使命感，鼓舞我们勇敢地肩负起这付重担。

卫星对远地点发动机的性能要求特殊，它在被运载火箭发射升空后，长时间（可能是数十小时至数百小时）在高真空、深低温、空间辐射、太阳向背暖冷交替、高速旋转等恶劣环境条件下待机受控启动；它必须承受恶劣环境考验。当接到点火指令后，又要确保及时、安全点火，正常工作。为了尽量减小火箭的燃料消耗，要求远地点固体发动机本身质量比较高，需采用高强度轻质材料构成的非金属壳体和喷管、装填较为先进的高能量固体推进剂，配有安全可靠保险的发火机构。总的来说，一句话，要通过固体发动机的高

性能，来保证卫星准确地进入同步轨道。

卫星对远地点发动机的精度要求特别高。其尺度和环境还要受卫星结构的限制，其精度全靠固体发动机结构精心设计、高度动平衡和精密装药和部件组装，固体推进剂的稳定均衡燃烧和喷管等烧蚀材料的均衡烧蚀，来综合保证发动机工作时高温高压气流的推力精度。它工作时产生的推力横移和推力偏差，只允许在极小的误差范围内。发动机必须在高速飞行运动状态、在转瞬即过的空间过渡轨道的远地点位置上，准确及时接受指令点火工作，否则，动作上稍有提前或滞后，在浩浩宇宙中差之毫厘，失之千里，会给卫星带来无法挽回的灾难。

卫星对远地点发动机的可靠性当然要求也是非常之高。卫星的设计只允许配置一台远地点发动机，没有备份，只能一锤定音，绝对可靠。它必须在承受了地面运载火箭发射时的冲击振动载荷和长时间太空高真空辐射的恶劣环境下，保证万无一失，其难度是可想而知的。统计分析世界各国发射定点卫星的历史，有三分之一强的实例，由于远地点发动机未能准确地执行任务而招致失败。

试验通信卫星本体，就是一项极为复杂的大系统工程，涉及面广，千头万绪，各个系统专业，很多是高科技课题的新的尝试，除了设计上认识深度外，客观上还受当时我国材料工艺等技术水平的限制，卫星上采用的各种零部件的重量和尺度，事先往往不易严格绝对肯定，随着工程研制工作的深入，汇集反映到卫星总体的总质量，随时间推移，不断发生新的变动，随之使总体对我们远地点发动机的总冲量指标以及尺寸等协调关系，带来变化。在长达八年的工程研制历程中，仅对发动机总冲量这项关键的指标要求（它决定着我们发动机的最基本性能），就曾有过五次较大幅度的变动。虽然，每次变动都给我们产品的设计、工艺、工装等研制环节，增加了相当的新的工作量，但是，我们作为分系统，都得从整体全局的角度考虑，对我们的项目作出相应的调整，以绝对满足总体的要求。

当时我们对远地点发动机这类航天高科技产品还是首次接触，虽然我们是固体发动机研究院，早在60年代初期已经组建，并开展了一系列科学研究，积累了一定的经验，可是这支年轻的科研队伍，在发展成长的初期，立足未稳，很快便进入了“文革”历史时期，遭受到十年动乱的长时间严重干扰，科研生产瘫痪，进展迟缓。当时，我们还要集中很多的人力物力参与新基地的创建。科技水平存在着差距，仪器设备有待完备，国内的物资供应和协作条件有待理顺，真是处在百废待兴、百业待举的境遇。

但是，我们有一支党培养起来的科研队伍，年轻有为干劲足，勇于钻研能吃苦，身处逆境能顽强奋斗。党和国家的期望就是我们的目标。党和政府把搞好试验通信卫星列为国家重点工程，时间紧、任务重、困难大，可是，压力之下出干劲、出效率，我们广大科技工作者，决心用实际行动，尽快研制出高质量的“争气机”，把卫星送上天，填补我国的空白，为国争光。遵照周总理：“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的教导，我们制定了明确的研制指导思想：方案先进，技术可靠，质量精良，确保性能，精心组织，周密安排，顾全大局，积极主动。

固体火箭发动机是一个多学科技术的综合体，以其结构简单、机动灵活、效率神速的优良性能，倍受各国兵家关注，成为一种敏感技术，国际间互相封锁，讳莫如深，其核心机密，不可能在公开的文献资料上看到而加以直接利用。只有依靠自己的力量，发挥中国人民的聪明才智，通过自力更生，刻苦钻研，努力探索。在接受任务之初，首要的是制订一个先进可靠、比较理想，经过顽强努力可望争取实现的研制技术方案。我们及时进行了方案论证，发动群众，分析各专业的发展趋势，集思广益，共图大计，最后，把方案确定在一个比较先进的目标上。既充分满足了总体指标的要求，又可以在一定的时限内通过努力能够达到。

固体火箭发动机技术，涉及机械、化学、化工、力学、燃烧、电

子、材料等多门类学科技术，在高温度高压力的同一系统中，互相影响，互相渗透，发挥作用。各系统边缘学科技术的提高，是整机性能提高的基础。我们在总体目标下，明确分解出各专业分系统的技术奋斗目标，认清水平的差距，制定研制规划，探索解决的途径。对一些重点项目，诸如非金属材料与工艺、高比冲高力学性能的固体推进剂配方与装填工艺、新型耐烧蚀材料、特殊性能的安全保险发火机构、精密机械加工工艺、无损探伤技术与设备、高真空旋转试车技术以及多种检测仪器设备等，都一一列为专题，明确责任人，开展研究。各有关研究所、试验站及试制工厂，都积极行动起来，组织力量，层层落实，抓新课题的研究，抓新项目的设计，抓工艺及检测条件的创建，进行外协关系的沟通，猛攻关键技术，使我们的全盘研制活动，迅速展开。

在推动专题研究配套铺开的同时，当务之急是尽快采取措施，通过一个实体研制的全过程实践，以尽早综合验证设计技术方案的可行性。我们筹划应用本专业已经成熟掌握的一般水平的单项技术，按设计方案，创造条件，抢先投入，带动全研制过程的所有环节都激活起来，同步发展，暴露薄弱环节。这样经过大量的基础性开拓工作，只用了短短一年的周期，达到原材料、工装、工艺及部件的齐套，于 1976 年底，就研制出首台模样发动机，并进行了点火试车，获得圆满成功，初步证实既定的设计技术方案是可行的。

但是，前进的道路并不是平坦无阻的，在研制活动进展到高空模拟试车阶段时，由于对真空环境的特性缺乏足够的认识，试车遭到连续失败，暴露了问题，经过组织力量有针对性的探索研究，艰苦奋战，顽强攻关，使技术关键得到突破。随着日月的推移，各专业研究成果陆续涌现，我们及时循序地将之汇入整机实践，使远地点发动机的模样研制，较顺利地取得理想的综合技术水平。

在我院产品的研制稳步发展的时候，通信卫星工程大系统中的某些关键环节，碰上了难题，久攻不克，卫星发射的总进度不得

不推迟了，可是，我们依然没有松动，而把这种意外的情况，看作是把工作搞得更精更细的宝贵机遇。在充分完善模样阶段的研制工作基础上，1978年三季度，我们认真总结了前期的成果，肯定了远地点发动机整机技术设计，进一步确定各专业部件的上星技术状态，及时把研制工作推进到初样的研制阶段。

在技术管理上，严密了组织措施，加强质量监督，规定了各级责任制，从研究院到各研究所、试验站和研制工厂，逐级建立起调度指挥系统和质量保证系统、完善工艺规程、操作细则和验收规程；对各部门的领导、技术人员、管理人员和工人，都规定了明确的岗位，配证上岗，任务与职责一目了然，整个研制活动，井然有序。我们坚持不懈地狠抓了全面质量管理，"严"字当头，一丝不苟，千方百计，完善全面质量管理控制，从原材料入厂、工艺条件、半成品周转等等，精益求精，努力提高研制产品的精度，在关键环节，组织QC小组，把好质量关。按产品的运作阶段，定期在现场召开技术分析会，发扬技术民主，总结经验教训，遵循研制规律。

针对发动机的上星特殊外层空间环境，我们在初样研制阶段，有计划地、周密地安排了整体产品的性能测试和高空环境考核，诸如振动冲击；高低温循环、运输和储存等项目，安全成功地进行了数十发环境负荷下的性能试车，积累充分可信的宝贵数据，从而加深了我们对远地点发动机全面性能的认识，也证实了我们新研制的远地点发动机的先进性和可靠性，可以完全满足卫星总体的要求。这样使我们分系统在卫星整体的全局中，取得了主动。

在完成初样研制任务后，我们通过正样研制工作会议，按初样的成果，冻结规定了各专业技术条件与工艺规程，将研制工作保持在最理想状态。为更进一步保证产品的精良性能，对上天产品，制定了极严格的验收标准。按国家对卫星发射的时限，正式投产，全力以赴，终于取得圆满的结果，使我们的远地点发动机在出厂交付、运抵发射基地、检测安装上星的全过程，成为一个没有出现任

何质量故障的分系统。发动机的动平衡性能上乘，只用了卫星总体设计规定值的十分之一。多年的辛勤劳动，结出了理想的果实。在党中央和航天工业部的正确领导组织下，各部门的大力协同下，我院广大职工兢兢业业、刻苦攻关，终于研制出我国第一台用非金属材料为壳体、装填高能量低燃速固体推进剂的卫星远地点发动机，以其正确的设计、精湛的工艺、优良的性能、精确的工作，在国际航天高科技舞台，做了极其精彩的表演，达到了预期的目标，获得卫星总体部门的高度赞誉，使我国的空间技术应用水平推进到一个新的发展阶段，扬了国威，振奋了中华民族的志气。正如中共中央、国务院、中央军委在试验通信卫星发射成功后的贺电中评价的："试验通信卫星发射成功，是我国社会主义现代化建设取得的一个重大成就，是我国航天事业取得的又一重大胜利，标志着我国航天技术有了新的飞跃。"

纵观本世纪 70 年代中后期开展定点通信卫星远地点固体发动机的研制历程，我们坚持自力更生、艰苦奋斗的精神，不崇外、不迷信，积极主动，迎难而上，在掌握高科技的道路上，顽强拼搏，勇敢攀登，周到细致，逐步由浅入深，由低级到高级，处理好专业和总体的关系，充分运用预先研究成果，遵循研制规律，缩短了整体研制周期，应用了多种专业新技术，把远地点发动机研制提高到一个较高水平，实现了党和人民对我们的殷切期望，跃上了航天高科技领域的新台阶，展示了中国人民的风采，为实现现代化的发展，走出了中国人自己的道路。

作者系四院原副院长

我国空间环境工程的研制发展

黄 本 诚

1960年我从哈尔滨工业大学毕业，分配到中国科学院地球物理所二部（又称581组），报到之后才知道这个单位是从事卫星研制工作的。当时所长是赵九章，具体领导卫星研制工作的业务负责人是钱骥。工作地点在颐和园附近的西苑，住在当年清朝一座木结构的兵营里，工作安排得很紧张，首先让我设计一台天线转台，安装在转台上的天线可以不同速度、不同方向对着某一目标起跟踪作用，后来制造完成后投入使用。第二个任务是参加当时我国最大的臂长直径13米的离心机的设计，让我设计刹车机构与电滑环引线机构，后来，作第二次修改设计时，我因有新的工作任务，没有再参加。当时领导上让我从事一项新的更有意义的开拓性的工作，设计我国第一批空间环模设备，称KM1、KM2、BZ1、BZ2等4台设备，这些设备是为我国第一颗东方红卫星作空间环境试验用的。

一、KM1、KM2、BZ1、BZ2空间环模设备的研制

1961年5月根据钱骥的指示，我同邹定忠、张和福赴上海电理仪器厂下厂设计、驻厂加工第一批空间环模设备，当时只是钱骥在国外杂志上看到过照片，卫星发射前要作空间环境试验，让我们自己去干，怎么干、建多大，技术指标是什么，都没有说，让我们自己去研究，完全是开创性的工作。我们三个人全是改行的，有很大难度。后来我们从真空、低温、传热学、电控等一些基本的原理学起，请教有关专家，到上海图书馆寻找资料，逐渐摸索出一条途径。解决如何模拟太空的真空环境、冷黑环境、热辐射环境等，根据当时我国研制第一颗东方红一号卫星直径1米、重500公斤的技术要求，确定主模拟室真空容器直径2米，真空度10^{-5}托，热沉温度100K，吸收系数大于0.90，用红外灯作为模拟太阳的热源，这些参数的选取为今后的工作起到了指导作用。

到上海去下厂搞设计、驻厂加工，我们当时真正实行了三同，以普通劳动者身份干活，既当设计人员，又当描图员、加工协作的联络员、工艺员、质量检查员，还当采购员。我们所在上海下厂的还有其他项目的人员共6名，每星期一次坚持在一起谈工作，学习毛主席著作，如何严格要求自己，当时，我任组长，学习都很认真。

1962年，在上海驻厂期间我被吸收入党，1963年在上海工厂党支部讨论转正。当时领导很关心，地球物理所二部副主任周光耀来上海检查我们的工作。当我汇报到这套设备价钱很高，一台设备要花30万元人民币(1962年的30万元人民币相当可观)，怕试制不成功，压力很大，他说："你们大胆干，万一失败，作为交学费了！"给予很大支持。1964年5月这套设备加工完成，开始运往北京，后来调试成功，11月我去四川三台县参加"四清"，1965年5月"四清"还没有结束，所里

来电报，让我提前回北京，学习法语，去法国留学，这是当时赵九章联系，让我去法国图鲁兹中心学习，但“四清”回来后不久，1966 年文化大革命开始，赴法国留学一事告吹。当时科学院领导对于我们的工作给予了充分肯定，郭沫若、张劲夫、裴丽生等院领导亲临 511 所北郊实验室参观这套设备，郭老挥笔题词，写了一首毛主席的“满江红”的词。1965 年 8 月 14 日让我代表研制组在中国科学院京区积极分子代表大会上介绍了研制大型热真空设备的经验，1965 年 8 月 21 日《科学报》作了报导，1965 年 6 月 7 日，科学报记者以“研制大型真空试验设备的人们”为题，整版篇幅作了详细报导。而且在第一版详细报道了“活学活用毛主席著作、奋发图强、自力更生与工人密切合作，地球物理所研制成功一套大型真空试验设备”的消息，并刊登了设备的照片，《科学报》还发表了评论，题目是“坚决走自力更生的道路”。当时这套设备的研制成功被列为航天技术三大成果之一，填补了我国这方面的空白，1978 年被评为全国科学大会奖，我们从设计到完成这套设备只用了三年时间，完成这任务时，我们三个年轻人，平均年龄只有 26 岁。在开始研制时，当时个别专家认为，研制直径 2m 的高真空设备是不可能的，应该先干小一点的，但是我们认为航天事业的需要是第一位的，深入实际、边干边学，严格要求、敢想敢干，以强烈的事业心、责任心，提出研制直径 2 米的设备，最后终于研制成功。

二、KM3 空间环模设备的研制

由于应用卫星的发展，领导提出是否需要再研制一台直径 2m 的空间环模设备，当时我主张研制更大的设备，研制直径 3m 以上的设备，经钱骥同意后，我们开始设计，我任技术总负责人，半年后方案设计完成，510 所所长金建中，提出该设备应由 511 所与 510 所双方共同负责研制，他任总负责人，我任设计负责人，考虑到两单位的关系，钱骥同意金建中的意见，一起工作 5 个月后，1966 年

6月，由于文化大革命开始金建中不能主持工作，经国防科委同意，当时驻中科院651设计院国防科委观察员有张守刚、武政同意总负责转为651设计院(当时我们从事航天环境工程的北郊实验室转为651设计院)，我仍继续任总负责人，参加工作的主要人员有：王秀华、李旭昇、张和福、王立、余品瑞、成致祥、何传大等。

在1966年初KM3设备设计研制过程中，钱骥提出是否要再研制一台KM3副容器，直径3.6米、长13米。比主容器长，目的为了满足当时即将上马的"解放号"侦察卫星的试验需要，此项工程设计工作已在进行，也由我负责。由于文化大革命开始后，领导都靠边站了，我作为工程总负责人，知道当时中科院与七机部在竞争，同时开始侦察型号卫星的研制，中科院称"解放"型号，七机部称"尖兵"型号，而这种型号的卫星直径2.2m，当时我出于对工作负责的精神，认为KM3副容器的设计满足不了试验要求，大概1966年8月，我去兰州510所出差，向当时的510所科技处处长蔡中介绍了情况，建议应该把KM3副容器改为KM4设备，加大真空容器直径，蔡中很同意我的看法，他愿意同我一起去找国防科委汇报，当时国防科委张守刚、武政很支持我的看法。

当时我提出研制一台直径7m、高12m的空间环境模拟器的方案，1967年5月23日举行了正式方案答辩，得到国防科委的支持与批准。

三、KM4设备的研制

1967年8月五院开始筹建，常勇任政委，钱学森任院长，1967年9月成立511所筹备组，李绪鄂任业务负责人，张明任筹备组副组长，在院、所领导的大力支持下，KM4工程得到认可，并给予大力支持，当时有人曾建议KM3、KM4二台设备只需研制一台，我和王立、何传大三人力争必须同时研制，最后常勇听取我们的意见

表示支持。他亲自抓了KM4设备的研制，多次找我们谈进度情况。1967年8月常勇对我们三人说，KM4工程总负责人是黄本诚，成立总体组，黄本诚任组长，何传大、王立是总体组成员。同时又对我说“你大胆干，如果将来有人斗争你，我去陪斗。”因为当时正值文化大革命，常勇作为一名将军，他的话给了我很大的鼓舞，很受感动。

1967年12月1日李绪鄂主持KM4方案论证会，我在会上作了“KM4工程方案设计”报告，邀请了钱学森、王大珩到会讲话。在方案论证中，王大珩、闵桂荣等专家提出了很多指导性意见。

当时参加工作的主要人员有：王秀华、刘俊铎、龚吉君、罗舜生、李旭昇、成致祥、李鸿勋、张恩光、余品瑞、藏友竹、张润清等，510所还有达道安、关振家、王岩，中科院物理所有杨文治、杨克剑等，李绪鄂、张明二位领导对KM3、KM4设备研制工作给予很大支持，对促进KM4工程进展起了很大作用。1968年8月5日在怀柔召开了KM4工程设计评审会，李绪鄂主持会议，我作“KM4工程总体设计报告”。

1967年6月武政、周泽槐与我三人去怀柔看KM4实验室建设地点，当时我希望KM3、KM4实验室应同北郊KM2实验室建在一起，便于管理，由于当时中苏边界关系紧张，很多单位迁三线，不同意在北京市内建设，在北京郊区也只能利用现有厂房，也不准新建，因此带我到了怀柔下庄，即当时中科院科技校的校办工厂，这里原来是一座下马发电厂的厂房，根据我当时总体构思的设想，这个厂房经改造后可以容纳KM3、KM4设备，我表示同意，后来写报告呈聂荣臻批准，作为KM3、KM4实验室用。

KM4设备研制过程，正值文化大革命，大家一直坚持工作，1970年初开始到怀柔511所厂区安装与现场制造。由于当时怀柔交通、生活条件都很艰苦，二台大型设备安装时只有一辆解放牌卡车，拉人、拉货都是它。一般坐公共汽车去怀柔或回北郊，有时从怀

柔汽车站至下庄试验室步行 3 个多小时。实验室条件差，风沙很大、麻雀乱飞，周围杂草丛生，打扫卫生、参加建设劳动，工作量很大，我作为一个领导还要积极带头，工作又忙，由于劳累过度，1971 年 2 月在一次体检中发现，我的右肺部有一个五分钱币大小的空洞，不得不住进结核病医院治疗。经过半年的医治，空洞愈合，我又重返岗位，与大家一起参加 KM4 工程真空容器、热沉的制造，驻厂、加工与安装，当时北京市工交组把 KM4 工程列入 705—1 工程的军工重点任务来抓，组织北京市的有关工厂大协作、搞会战，KM4 设备经过 8 年的努力，在文化大革命期间，风风雨雨，艰难奋斗，终于在 1976 年建成，1978 年提供我国第一颗通信卫星热真空试验用。KM3、KM4 实验室的建成，在当时成为世界上五大实验室之一(含美、苏、欧、日)，我们的规模与性能超过欧洲空间局。

1978 年对外开放，很多外国航天代表团来参观 KM4 设备，给予很高的评价。例如，1974 年 12 月 6 日，日本日氧公司派两名专家来航天部提出能否帮助我们改造空间环模设备，当参观 KM4 设备后说："我参观了如此壮观的设备，感到很吃惊，也很敬佩，这是一台很好的设备。你们克服了很多困难，解决了各种技术问题，我们看到的要比过去听到的要好得多，所以我们感到很吃惊，""我们自认为日本空间环模设备很先进，但你们的设备也是一台很好、很先进的设备，我们好像没有什么可值得帮助你们的，反而使我们学到了很多东西。"

德国 MBB 公司两位专家于 1979 年 2 月 12 日参观后说："据我了解，在欧洲这样的设备也很稀少，欧洲空间局 ESTEC 只有直径 5 米的热真空设备，美国设备的性能也差不多，我们认为这台设备是具有国际先进水平的，是一台很好的设备。"当回答说"KM4 设备是我们国家自己设计制造"时，他说："我祝贺你们建立了一台具有国际先进水平的设备，这台设备应该向国际开放，承接外国卫星的试验任务。"

1979年2月16日欧洲空间局技术研究中心主席等三位专家参观KM4设备，一进实验室大厅就说："噢！很好！很好！这是一台第一流的设备，同法国图鲁兹中心的那台空间环模设备类似(即欧洲最大的一台空间环模设备)"，"这台设备布局合理！"

1978年美国宇航局局长率团参观KM4设备后说："你们在热真空设备方面做出了很大成绩，与我们NASA的设备相类似，是可以相比的，是第一流的设备，你们搞这方面工作的人，都获得了什么学位？"

KM4设备1978年投入使用，当年获国家科学大会奖，1985年获全国科技进步一等奖。1988年经刘纪原的批准恢复、改造了KM4太阳模拟器，1993年获国家科技进步二等奖。80年代相继完成了KFT高精度小太阳无油超高真空设备，性能达到了80年代同类设备的先进水平，获航天部科技进步一等奖。

我国几个系列30多颗卫星都在这些设备中做过热真空试验与热平衡试验，这是世界上少有的几个大型空间环境实验室之一。一些著名科学家与领导如钱学森、钱三强、宋健、王大珩、郑天翔等都来实验室参观过。

1987年我建议KM6空间环境模拟设备申请863航天高技术的论证课题，得到了上级批准，我任课题负责人，1993年批准立项，列入921-3工程，我任总设计师，KM6工程得到十多名院士与众多科学家及领导的支持。

KM6工程主模拟室直径12m、高22m，容积3200m^3，一期工程已于1997年11月初步联调成功，真空度达到4×10^{-5}Pa，热沉温度90±5K。它的建成将成为国际上90年代五大典型实验室之一，将为我国航天技术的发展做出新的贡献。

作者系五院511所副所长、研究员

我国第一台星载计算机的研制

郭俊魁

1965 年,国家下达了研制我国第一颗人造地球卫星的任务,1970 年 4 月 24 日我国首次成功发射了第一颗人造地球卫星东方红一号。1967 年 9 月召开了返回式卫星总体方案论证会,1975 年 11 月 26 日,我国研制的返回式卫星首次发射成功,运行 3 天后准确返回地面。随着航天事业的发展,要求航天器的控制精度和灵活性也越来越高。70 年代末,我国新型返回式卫星提出了应用星载计算机的要求,从此我国第一台星载计算机开始转入型号研制阶段。

脚踏实地　大胆跟踪

刚刚进入 80 年代,国家下达了 480 工程任务。姿态控制系统主任设计师张国富和程控系统主任设计师张翰英根据任务的需求及长远发展方向,提出姿态控制系统程序控制系统,必须采用星载计算机进行数字测量、计算和控制。经

过有关专家和参加工作的同志认真周密的方案论证，经卫星总师批准，确定了两个控制系统应用星载计算机的设计方案。

在80年代初提出在我国卫星上应用星载计算机，而且是用在至关重要的控制系统中，这不能不说是一个既大胆而又先进的措施。虽然国外60年代在卫星上就应用了计算机，但我国在80年代初提出在卫星控制系统中应用计算机仍有许多困难。当时我们只能得到个人从国外带进来的几片8080ACPU集成电路，组成计算机的其他外围芯片根本没有，要想订货又根本没有渠道。在国内只有仿NOVA机的DJ130由小规模集成电路和晶体管构成的计算机，其体积、功耗和重量都不能满足装到卫星上的要求，就是火箭上用的控制计算机也无法用到卫星上。因此，只能根据卫星的要求，研制重量轻、体积小、功耗低、耐辐射和高可靠的新型计算机。研制这样的计算机在国内虽然是崭新的，但我们是有基础的。502所从60年代开始进行许多种计算机的研制工作，如650计算机、717计算机、为实验三号任务用8080A构成的控制计算机模型、用小规模集成电路仿Inter-3000系列研制的位片式控制计算机等，在计算机方案设计、电路设计、产品加工和安装调试等方面已具备良好的条件。在容错计算理论方面已有多年的知识积累。研制容错计算机有把握，不足的是器件来源比较困难。我们综合星载计算机的特点和国内微电子工业水平，选择了Inter-3000系列的结构，即微程序控制位片式结构，互补注入逻辑工艺(I^2L)。这种计算机的中央处理单元是两位一片，结构灵活，集成度较低，微程序控制器和存储器可以单独集成，因此容易实现，便于组装。采用I^2L工艺又比TTL工艺的集成度高，而且功耗低，耐辐射，可实现小型化，容易实现冗余。I^2L工艺在国内已有较成熟的经验。经过反复详细地论证，对国内外现状深入研究和分析，确定了采用Inter-3000的逻辑、结构和I^2L工艺的器件的方案。星载计算机的功耗、体积、重量、字长、速度、内存容量和功能可达到国际70年代的技

术水平。

大力协同 顽强拼搏

有了一个好的方案，只能说是第一步，要把星载计算机研制出来，还要做很多艰苦细致的工作。首先要把 Inter-3000 系列器件的原理消化透彻，逻辑电路图分析清楚，在此基础上再根据真值表和逻辑表达式绘制 I^2L 的逻辑图，然后根据我国现有微电子技术水平划分出相应的器件规模，经过制板、光刻等生产线上的工艺流水，初测、中测、终测，老化筛选，例行试验和验收，最后进行整机组装、调试、测试和环境试验。这一系列工作不是 502 所能独立完成的。为了航天事业和微电子工业的发展，很多单位都支持我们的工作。清华大学微电子所、北京半导体器件二厂、邮电部半导体所和北京邮电大学等单位都积极地参加了这项有意义的工作，北京市电子局很重视，准备支持搞一条生产线。开始，几个单位的工作人员多集中在北京半导体器件二厂，由于单位比较分散，从海淀区中关村一带到朝阳区西八间房每天要往返近百里路，经常是蹬自行车来回跑，为了赶进度大家经常工作到深夜。当时既没有奖金又没有加班费，大家之所以如此顽强拼搏，靠的就是振兴中华的决心和志气。"早日研制出我国的星载计算机，不仅仅是为了 480 工程，更多的是为了航天事业更快地发展。"主管设计师常隆兴的一席话代表了我们每个人的心声。经过半年多的努力工作，完成了星载计算机 I^2L-030 系列 15 个品种的集成电路板图设计。

质量第一 严谨务实

I^2L-030 系列器件生产定点在邮电部半导体所。我们首先对生产线进行了质量考核，生产的全过程按照"7905"七专质量控制要

求和管理办法进行控制和筛选。全套测试设备由邮电部半导体所研制，502 所监制和协助。庞大的测试设备研制，虽然花费了许多资金和人力，但对星载计算机的研制起了很大的推动作用。一些中、小规模集成电路比较容易地生产出来，几块复杂的大、中规模集成电路在生产过程中遇上了麻烦。DC—译码控制电路和 MLB—多模锁存器的逻辑关系和负载能力，MCU—微程序控制器和 CPE—中央处理单元的生产工艺，成为要攻克的技术关键。我们在从电路设计到工艺控制一系列工作过程中逐步进行了多次改进和试验，经过近一年夜以继日的艰苦努力，终于完成了 15 个品种 I^2L-030 系列微机集成电路的研制任务。这些器件不仅在电性能上满足了要求，而且也通过了“7905”(七专)条件的各种测试筛选。

在进行 CO—60 辐射实验时，有五位同志在上海原子能所进行实验，辐照实验后有三位同志白血球、红血球降低很多，虹口医院开病假条叫他们休息。他们回北京后非但没有休息，反而继续坚持上班，加班加点地工作。为了确保产品质量，将几种典型的大、中规模 I^2L 集成电路在返回式卫星上进行搭载实验。卫星返回后测试的数据，同装星前测试数据是一致的。这充分证明了 I^2L 器件在返回式卫星上应用的实用性。

在任务重、时间紧的形势下，为了保证进度，把整机调试和器件的研制同时进行，完成一部分器件，调试一部分电路。全部器件完成时，整机的各种单板也调试完成。在调试过程中，没有完整的开发工具，更谈不上开发系统，依靠的仅仅是市场上所买到的逻辑分析仪(HP-1615A)、双踪通用示波器、万用表和逻辑笔，完成了计算机的硬件开发任务。软件开发用机器码在 CROMEC SYSTEM-Ⅱ上进行。由此可见我们当时的开发工作是何等艰苦！

在硬件开发过程中，用逻辑分析仪逐条跟踪宏指令和微指令以及相关器件的逻辑电平，找出达不到设计要求的原因，而后逐个

地解决比较突出的关键问题，如 I^2L 器件抢电流问题、双机热备份的启动同步问题和双机比对问题。双机热备份在机器调试完成后，一个单机在什么部位，产生什么样的故障，才能被定为失效，这需要由实验来认识，我们采用脉冲发生器注入脉冲的方法，瞬间产生故障，检测双机容错性能。

在软件开发过程中，没有可用的汇编器，只能用机器码编程序，几 K 字节的程序编起来是很枯燥繁琐的，而且校验工具只能靠人来完成，Inter-3000 的指令系统与当时流行的 Z-80 指令又不兼容，所以检查程序就更困难。运行出现错误后只能用逻辑分析仪进行跟踪，由人来进行判断。

在星载计算机开发、调试、环试、验收测试、星—地试验、系统联试、整星桌面联试、整星热真空试验、整星综合测试、整星振动测试和靶场测试过程中，我们始终遵循周总理提出的“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的方针，细心观察，认真记录，决不放过任何一个疑点。比如，在整星桌面联试中偶尔发现在启动时双机不同步现象，我们抓住问题，采取措施，进行几百次启动，直到不再出现类似现象才认为此问题解决。又如在热真空试验进行两天后，由于综合测试系统地面设备的一台稳压电源突然断电，当一个大的干扰加到了卫星上，使星载计算机程序“死锁”，造成控制系统失灵。这给了我们深刻教训，在卫星运行过程中是不允许出现类似问题的。我们经过深入研究讨论，增加解锁电路，使程序死锁 32/128 秒后会自动解锁。

不断进取 攀登高峰

我们研制成功的星载计算机是一台国产化的计算机，是自力更生、艰苦奋斗的产物。它的性能指标是：双机热备份冗余系统 200 小时的可靠性为 0.994，质量 14.5 千克，功耗 13 瓦，体积为

340×300×260 立方毫米，主频 400 千赫，字长 16 位，存储容量为 16K 字节，并行输入输出口 12 个，达到了国际 70 年代水平。经过各种试验，满足 480 工程卫星控制系统要求。1987 年 9 月 9 日，一颗载有计算机的新型返回式卫星发射成功，从渭南测控中心得到卫星入轨姿态正常、星载计算机双机正常、比对正常、甲机当班、所有程控指令均正常发出的消息，使我们的心情无比激动，多年为发展航天事业所花费的心血，收到了结果，经受了实践的验证。当我转场到渭南后，得知卫星各系统都运行良好，此时卫星副总设计师王壮高兴地对我说：你们的星载计算机是过得硬的。星载计算机在空间 8 昼夜飞行过程中，始终是双机正常，比对正常，甲机当班。卫星收到返回命令后，计算机按预定程序准确提供调姿指令，发出最后一条两舱解锁程控指令，胜利地完成了本次飞行的使命。

星载计算机是控制系统的关键部件，控制系统又是卫星的关键分系统，在我国卫星上控制系统首次应用星载计算机获得成功，标志着中国航天技术的进步。480 工程卫星控制系统获部科技进步一等奖，星载计算机获部科技进步二等奖。第一台星载计算机的成功应用，完成了任务，又锻炼了队伍，为新型号卫星应用星载计算机打下了基础，也为计算机的广泛应用开辟了新路。对其他型号，如东方红三号、资源一号等卫星应用星载计算机增强了信心，同时也推动了我国微电子技术的深入发展。

星载计算机的研制过程，体现了“自力更生，艰苦奋斗，大力协同，无私奉献，严谨务实，勇于攀登”的航天精神。有了这种精神，就能克服各种困难，取得成功。

我国的第一台星载计算机是靠集体力量，其中包括 502 所、清华大学、邮电部半导体所和北京器件所和北京器件二厂的许多同志，自力更生研制成功的。我们不能忘记为研制工作做出贡献的同志们，由于他们在党的领导下，克服了重重困难，坚持不懈地努力，

才取得了星载计算机的研制成功。回顾过去艰辛的历程和成功的喜悦，将激励着我们继续前进。

作者系五院502所研究员

空间微重力资源开发应用的启迪

杨照德

人们早就研究宇宙，宇宙以其辽阔无垠和构造之美令人神往，以其取之不尽的能源和物质财富引人瞩目。发射人造卫星，是人类征服地球引力、扩大活动范围、开发利用外层空间一个质的飞跃。

伴随着中华人民共和国成长的中国空间技术，40 年来经过早期的空间探索活动、工程研制配套、广泛应用发展三个时期。自从 1970 年 4 月 24 日我国发射成功第一颗人造卫星之后，到 1998 年 6 月底，已发射了自行研制的 40 颗人造卫星。它在促进经济发展，带动科技进步，增强国防实力，提高中国的国际地位等方面，正在发挥愈来愈大的作用。

我自西北工业大学航空系毕业后，便有幸参加早期的空间探索活动，在老一辈革命家的领导和技术专家的带领下，亲身经历了向空间进军的进程。每当我回首往事，许多激动人心的场面便历历在目，感慨万千。这里仅对空间微重

力资源开发应用的个人感受，记述点滴如下。

生 物 试 验 火 箭

在50年代，苏、美为准备进行载人航天飞行，曾发射了一系列高空生物试验火箭，将猴子、猩猩、狗和大白鼠等动物送上高空，进行生物学研究。

1961年4月，苏联宇航员首次进入太空，标志着空间技术进入了载人航天飞行的新阶段。我国科技工作者始终注视着世界上空间技术的新发展。为了探讨中国空间技术的发展途径，开辟新领域，交流学术成果，促进各学科互相渗透，在一些著名的科学家倡导下，中国科学院举办了星际航行座谈会，会议由裴丽生、钱学森、赵九章主持，竺可祯、吴有训副院长经常到会指导。在三年中先后召开了12次会议，我作为负责具体组织工作者，亲身经历了难忘的历程。1961年6月3日，在北京文津街3号，中国科学院院部举行了第一次座谈会，由钱学森报告，题目是《今天苏联及美国星际航行中的火箭动力及其展望》，会上首先提出了航天、航宇的概念。从此开始了中国第一次组织规模较大的空间技术发展战略学术活动。第6次座谈会上，蔡翘作了宇宙医学方面的专题报告，引起了与会者对发展空间生物学讨论的兴趣。竺可桢、贝时璋、钱学森等分别对遗传学、辐射生物学、空间失重等问题作了即席发言。竺老还就利用探空火箭开展空间生命科学研究提出了建议。

当时，导弹、探空火箭任务处于机密状态，对富有神秘色彩的火箭技术，总体指标、研制进展情况，生物科学方面的专家更不了解，空间技术与基础学科发展脱节。1962年11月，钱学森所长，在力学所的办公室内给我讲解科学组织计划管理课程时，介绍了国外科学管理的发展势态，深有体会地说，你们在新技术局管理探空火箭任务，科学院与国防部五院协作任务，有利条件很多，要学会

任务带学科，为工程与学科发展牵线搭桥。在钱老的启发下，我经过调查研究与初步分析，与舒润达同志一起提出了利用 T7A 气象火箭改装，进行小狗、大白鼠空间飞行试验的设想方案。1963 年 1 月向竺可祯副院长做了汇报，竺老详尽地给我讲解空间科学，并鼓励我们尽快地让生物物理所研究，提出具体要求，由上海机电设计院组织论证。不到两个月，上海机电设计院送上总体方案报告，提出两个方案。一是利用现有探空火箭改装，进行大白鼠试验，每枚火箭上装有 2 只固定大白鼠，2 只活动大白鼠，4 只小白鼠和 12 支生物试管。试管内分别装有果蝇、须酶及其他生物制品。主要试验大白鼠失重时姿态变化，空间辐射环境对遗传的影响。另一方案是根据狗的形体与其他试验要求，研制为狗专用的生物箭头，需要把箭头直径由 450 毫米增加到 600 毫米。它可以把 1 只狗、4 只大白鼠和 12 支生物试管发射到高空。经张劲夫、竺可祯副院长批准，列入星际航行发展规划。

1964 年 7 月 19 日，第一枚生物试验火箭在安徽广德发射场升空，飞行达 60～70 公里高度，依靠返回装置使箭头生物舱内的大小白鼠均活着安全返回地面，箭头内遥测与摄影等数据获取系统工作完全正常，拍摄了大白鼠从超重过渡到失重状态的图片。中国老鼠飞上了天的喜讯传到北京，张劲夫副院长让我尽快起草一个简讯，向毛泽东主席等中央领导报告，并要求如实反映、文字精练、深入浅出、通俗易懂，字数不超过 500 字。当我提起笔时，想到毛泽东主席 1960 年 5 月 28 日晚，亲临上海新技术展览会，视察“T-7M”探空火箭时的情景，鼓励大家应该 8 公里、20 公里、200 公里的搞上去，内心无比激动。这一成就与苏联 1951 年成功发射生物火箭相比，两者虽然相差 13 年，但站起来的中国人民，终于用自己的双手将老鼠送上了天，缩小了与世界的差距。

随后，1965 年 6 月 1 日、5 日又重复试验了 2 枚生物火箭，大、小白鼠均活着安全返回。1966 年 7 月 15 日、28 日，又成功地进行

了狗和大白鼠的生物试验火箭发射，小狗“小豹”和“珊珊”的名字载入了空间科学发展史册。几次高空生物的辐射、失重和遗传方面的试验，为高空生物学研究、生物保障工程和返回技术积累了宝贵的经验。

返回式卫星搭载试验

1958年5月17日，毛泽东主席在中国共产党八大二次会议上号召：“我们也要搞人造卫星”，表达了中国人民发展航天技术、向宇宙空间进军的强烈愿望和决心。从此中国空间技术列为国家重点工程，每个项目都赋予神秘的数码代号。多少年来，我们就是在密码代号中工作、生活，火箭有代号，卫星有代号，工作单位还有代号，代号是大系统工程中联络的语言。代号是历史的标志，有时可反映出我们的速度与世界差距。比如，1970年4月24日成功发射的第一颗人造卫星，代号为651任务，表示人造卫星1965年被列入国家重点攻关计划；1975年发射成功的第一颗返回式卫星，代号为705任务，表示1970年5月列入国家计划。返回式卫星发射成功，使中国成为世界上第三个掌握回收技术的国家。

世界航天技术发展日新月异，空间资源开发市场竞争日益加剧。1969年苏联联盟6号飞船进入宇宙空间，首次完成了空间焊接和合金熔化、结晶实验，揭开了空间材料加工的序幕。许多国家先后利用卫星、载人飞船、航天飞机、空间试验室、空间站进行微重力资源开发与应用实践，获得了可喜的成果。在微重力环境中观察到的物理现象，许多用现有的理论不能充分加以解释，所制造的半导体材料、金属合金、光学材料、生物制品及药品等，比地面上生产的性能好，而且许多产品是在地面上无法制取的。

尽管我国1984年通信卫星发射成功，返回式卫星一个个按期返回，但是直到1986年，我国在利用航天器进行空间微重力科学

研究方面仍处于空白，与先进国家的差距越拉越大。面对开发空间资源的竞争，一个国家高技术不发展、不强盛，就没有现代的国际地位。我们在参加一些国家空间微重力学术会议上，只能听，没有发言权，更谈不上平等的合作。1986 年 10 月，我国一些材料、生物方面的科学家，到西德进行空间微重力科学考察，探讨中西德空间科学合作时，对方态度傲慢，认为桌子与板凳不一样齐，很难平等合作。这些只能激发起我们的民族自尊自强的精神，只有下决心以我为主、开拓创新、迎头赶上，尽快缩小与发达国家的差距，这才是唯一的必然的选择。

当时，半导体材料科学家林兰英院士感受最深，认为中国人有能力发射自己的卫星，也就有能力开创空间微重力科学，要利用中国返回卫星优势，走一条我国特色的发展道路。回国后，她与中国空间技术研究院副院长、返回式卫星总师王希季联系，取得了共识，并得到国家科委、航天工业部和中国科学院领导的支持。

在国家跟踪世界高技术发展的重大决策指引下，我们策划利用第 9 颗返回式卫星搭载，开展微重力科学实验。在调研过程中，得到各单位专家的拥护，纷纷提出空间材料试验、空间微生物生长研究、空间环境对植物种子遗传变异的影响等 200 多个项目的建议。按照卫星总体任务的安排，只能进行搭载试验，对体积、重量、功耗与进度安排都有严格的限制。按照返回式卫星主任务发射计划安排，要在 1987 年 8、9 月连续发射两颗，参试项目要在 6 月份送交总装厂装配。时间紧迫，只有 7 个月的时间，要解决项目确定、空间加工炉设计、试验、落实科研经费等一系列问题。许多专家表示，什么问题都好商量，一定要齐心协力赶上搭载这两趟班车，要实现中国空间微重力试验零的突破。

根据国外发展趋势，结合我国返回式卫星情况，我们分析，首次卫星搭载最适合材料科学项目，而材料科学又是我国从未进行、急待开发的领域，因而我们优先选择了材料学。在材料科学试验

中，究竟选择什么类型的试验呢？砷化镓半导体材料是空间加工晶体材料中最有发展前途项目之一，我国试验室研究有一定的基础，某些项目已达到世界先进水平，但有些性能改善还有待进行。综合各种因素，最后确定了首次搭载项目以砷化镓单晶生长为主，兼顾碲镉汞、锑化铟和其他合金材料。

在 1987 年 8 月 5 日、9 月 7 日发射的两颗返回式卫星上，共有 80 件微重力搭载项目，包括法国马特拉公司的藻类培植和微加速度测量两件，国内材料加工半导体砷化镓晶体生长等 10 件，其他还有植物种子、微生物、昆虫、探测器等 68 件，所有搭载样件，经过 5 天和 8 天的空间飞行，全部完好无损返回地面。

许多科学家都是第一次参加卫星搭载试验，知道天外归来试验样品的价值，都是亲自动手在试验室进行分析、测试；在温室内用汗水浇灌每一粒种子，让它出芽、成长。紧紧张张地渡过三个月，初步见到了效果，试验结果是令人鼓舞的，获取了许多重要的结果，验证了不少有特色的科学思想。尤其是在微重力下砷化镓单晶生长等是有特色的，空间生长的单晶无杂质条纹，地面样品杂质条纹清晰可见，说明空间生长的掺杂均匀性有改善。还发现空间单晶具有较高的完整性和均匀性，证实了空间材料的可用性。经过空间飞行后的石刁柏种子，在实验室和田间种植，种子萌发速度加快，发芽率提高，耐盐性与药用性能也有改善。

为了推进我国空间微重力科学的发展，我与国家科委郑立中，中国科学院潘厚任，共同策划，在 1987 年 11 月组织召开了我国首届微重力科学技术讨论会。会前向宋健主任汇报时，他看到了空间归来的火炬形砷化镓单晶，充分肯定了返回式卫星的技术水平，指出这是军转民、自力更生、大协作的结晶，对开创中国空间微重力科学的深远意义。林兰英院士深有体会地说，航天工业部门为科研单位提供条件，科研部门提供地面科学研究的成果以及科技支持，缺一不可，谁也离不开谁。这种精神今后还要继续发扬，我们是一

个发展中的大国，一穷二落后，只有依靠艰苦奋斗和社会主义大协作，才能够跟踪世界高技术的发展。

中国返回式卫星首次搭载试验结果对外报导后，理所当然引起国内外广泛的兴趣。1987 年 12 月，我作为中国空间微重力专家组成员，在北京参加了中西德空间科学合作会议，我们拿出一份份试验报告，一张张图片，许多结果是世界上首创。返回式卫星搭载试验，受到西德专家们的赞扬，主动提出与中国进行空间科学合作。1988 年 2 月将中国空间微重力试验录像资料，在联合国空间大会播放，中国惊人的速度与成就，引起各国同行的称赞。随后我们又分别到美国、德国进行访问交流，与一些友好国家探讨合作，深感空间科学实验投资很大，而且技术要求很高，国际交流和合作是非常重要的。

近 10 年来，中国返回式卫星连续成功地进行了 8 次搭载试验，走出一条具有中国特色发展空间科学的道路。先后为法国、德国、日本进行了微重力试验。与此同时，中国科学家利用返回式卫星、美国航天飞机、俄罗斯空间站开展了微重力资源应用研究。全世界的微重力科学和空间应用处于发展时期，新的技术将不断涌现，我们还必须努力学习，让空间资源造福人类。

航天育种展示

1993 年 1 月 30 日，江泽民同志为中国空间技术研究院建院 25 周年题词："发展空间技术，开发空间资源"，表达了中国人民发展航天技术，进一步向宇宙空间进军的强烈愿望和决心，将指导中国航天技术与经济、社会的协调发展。全国科技工作会议召开期间和会议之后，江总书记在不同场合多次指示国家科委，要为提高全国县级以上领导干部的科学文化素质编写一本适用的现代科学技术教材。我有幸参加撰稿，负责撰写航天技术与空间资源开发一

节，深感空间资源开发是属于一个国家的总体战略，航天技术发展的每一个里程碑，都是国家领导人根据满足其政治、经济、科技、社会发展的需求而作出的战略性决策。如何促进航天科技成果转化，如何采用航天技术改造传统产业，促进国民经济持续、快速、健康发展，是中国航天发展战略的必然选择。

在航天工业总公司刘纪原总经理关于航天技术要为农业服务的思想指导下，1994年我跟随钱振业到有关单位对返回卫星搭载农作物种子的试验效果进行实地调查，合写了一篇《太空育种现在及未来调查报告》。自1987年至1994年以来，我国成功地利用返回式卫星进行7次搭载农作物种子，进行探索性的航天育种试验。这种经太空处理后，再到地面选育农作物新品种的方法称之为航天育种。已进行的项目有：粮食作物类，水稻、小麦、大麦、高粱、玉米、谷子；豆类，黄豆、绿豆、青豆、赤豆、黑豆；经济作物类，棉花、红麻、甜菜、花生、莲子；蔬菜类，丝瓜、黄瓜、青椒、西红柿、西瓜、甜瓜、萝卜、胡萝卜、绿菜花、尾穗苋；观赏植物类，石刁柏、鸡冠花、三色堇、龙葵、菊花、甘草以及油松、白皮松等。

植物种子放在返回式卫星舱内，随着卫星在空间距地球200～400公里轨道上飞行5～16天。空间具有强宇宙射线作用、高真空、微重力特点。这些综合因素的有利条件，能对植物种子产生诱变作用。返回地面后，对种子萌发、幼苗生长、植株在田间的生长、发育、产量和有关生理生化、细胞、遗传等进行了分析研究与试验，出现在地球上不能获得的某些变异，是其他方法所不可能替代的。1995年在刘纪原倡导下，召开了首届中国航天育种交流研讨会，农业专家、育种专家、遗传学家、航天专家相聚一堂，认为航天育种的特点是：有益变异多、变幅大、稳定快，因而可以培育出高产、优质、早熟、抗病良种。实践证明，航天诱发育种有明显的加快育种进程、缩短育种周期，提高育种效益等优越性，但航天育种在理论上和实践中还有许多问题需探索和深化。

为了贯彻航天工业总公司倡导的国家航天效益工程，中国空间技术研究院徐福祥院长多次研究如何利用天地结合优势，促进航天效益工程尽快实施。我们考虑航天育种已经取得一批科研成果，要尽快转化为生产力，尚存在着两个问题：一是科学研究单位重视出成果，由于试验场地小，缺乏中间研究试验基地，影响成果推广；二是，国家领导部门、各省市自治区，迫切要求提高农作物产量，但对航天育种新途径缺乏系统的认识，因此，影响了航天育种科研成果推广，为农业增产服务的进程。经过一年多的筹建，我们在航天育种试验基地举办"广回归航天育种展示"，展示中国航天育种十年来主要研究成果，反映了我国科技工作者十年来跨部门多学科的协作攻关，辛勤劳动和智慧的结晶。

1997 年 7 月 2 日、5 日，中共中央政治局委员、国务院副总理姜春云和国务委员、国家科委主任宋健相继到我们试验基地进行考察。姜春云对航天育种取得的良好成果给予充分肯定，认为航天育种是国家种子工程的一个组成部分，在良种培育方面具有特殊的优势，开拓了一条科学育种的新途径，对农业和农村经济的发展以及环境美化，都有积极重要的意义。鼓励我们要与有关方面密切配合，协同作战，使航天育种试验、繁育工作形成一个产业；要加大航天育种试验的投入力度，要给予扶植、支持；要在试验成功的基础上，筛选出优良的品种，有计划、有组织地形成规模化的推广应用，并切实抓好推广应用中的管理，使其尽快形成生产力。

多年来，我参与空间微重力资源开发应用的实践活动。深感中国卫星创业时期是国家、人民节衣缩食支持中国卫星事业的发展，如今卫星已进入应用阶段，应该为"米袋子"、"菜篮子"作出贡献。航天育种高新技术是中国农业发展的迫切需要，是中国航天返回式卫星技术优势与中国农业遗传育种技术优势相结合的产物，是中国农业专家与航天专家长期协作攻关所探索出的一种新的育种途径，是各行各业协作精神的具体体现，是具有时代特征和中国特

色的新生产物。航天育种仅是空间微重力资源开发应用的一例，它将由此改变过去基于地面所形成的许多传统观念，进而把人类的视野伸展到宇宙空间新的深处，同时也将人类世世代代习惯在重力环境中的思维活动扩展到微重力环境，为航天农业科学展现出美好动人的前景。

作者系五院科技委常委、研究员

第四篇

走向世界

综　述

党的十一届三中全会以后，我国航天科技工业贯彻“军民结合，平战结合，军品优先，以民养军”的方针，在面向国民经济主战场的同时，加快了进入国际发射服务市场的步伐。我国航天承揽对外发射项目，进入国际商务发射市场，成为一项举世公认的伟大成就。

1985 年 10 月，我国政府庄重宣布：中国长征系列运载火箭投放国际市场，承揽商业发射服务。从此，我国航天运载火箭作为国际商务发射市场的有益补充，跨出国门，走向世界，展现出广阔前景。

从 1986 年以来，我国先后与包括美国在内的 20 多个国家和地区建立了航天科技合作关系，陆续签订了搭载和发射卫星的协议或合同。为了履行这些协议与合同，也为了我国航天技术的发展，广大航天职工怀着强烈的责任感和荣誉感，振奋精神，负重拼搏，攻克一个个难关，不仅极大地提高了长征系列火箭的可靠性和运

载能力，而且研制成功具有国际水平的长征2号E和长征3号乙捆绑式火箭，在国际航天市场上享有良好的声誉。1987年和1988年，我国利用发射返回式卫星，先后为法国和德国搭载微重力试验装置获得成功，特别是1990年4月7日我国用长征3号运载火箭成功地发射了美国制造的亚洲1号通信卫星，打开了通向世界的大门。长征3号运载火箭成为我国闯入国际卫星发射市场的一个基本型号。随后，我国为执行发射美制澳星任务而研制的长征2号捆绑式运载火箭，在发射两颗澳星中惊心动魄，一波三折，终于经过中国航天人的精心组织，临危抢险，靠坚韧不拔、百折不挠的进取精神，胜利地完成发射合同。

中国航天人从不满足已有的成绩，勇于向新的高度冲刺，1996年研制发射地球静止轨道重型外国卫星的长征3号乙火箭，在经历首飞失败之后，毫不气馁，勇往直前，1997年以来连续4次发射外星获得成功。这两种运载火箭完全可以与世界大国的运载火箭相媲美，它们已进入世界先进行列。为适应发射轻型近地轨道卫星的需要，我国对长征2号丙火箭进行改进，又衍生出长征2号丙改进型火箭，1997年底以来以一箭双星发射方式连续5次发射美国铱星成功，仅8年时间，长征系列火箭发射成功的国外卫星已有21颗。我国每一次对外发射卫星，都成为全国人民关注的焦点，因为它的成功标志着中国航天走向世界的新进展。

长征三号火箭撞开世界大门

沈 辛 荪

1990年4月7日21点30分，在中国西南边陲的西昌卫星发射中心，我国的长征三号运载火箭首次为外国发射卫星，一举成功。人们欢呼跳跃，笑声、掌声、鞭炮声久久回荡在大凉山谷。江总书记、李鹏总理的电话祝贺，以及接着传来的人们正盼望的小平同志的祝贺，使当时指挥大厅里的热烈气氛达到了最高潮。

这一天，我国的长征火箭撞开了世界大门，开始走向世界。

历 史 的 机 遇

1978年进入了改革开放的新时期，为长征火箭走向世界创造了机遇。但几十年来一直是高度机密的火箭事业，要走向世界，谈何容易，世界上根本不了解我们。

1982年，联合国第二次探索与和平利用外层空间大会上，我国首次提出将要为其他国家

提供发射服务。这次宣布，虽使各国感到震惊和意外，但却大大促进了世界开始对我国的了解。那时，我们手里也还只有长征二号火箭，只能发射低轨道卫星，而国际上迫切需要的是发射地球同步卫星。

早在1963年7月26日，美国发射辛康—Ⅱ卫星，成功定点于东经77度，于是世界上就有了第一颗地球同步卫星。它成功地进行了多项试验，首次证实了地球同步卫星用于商业通信的可信性。从此开始了新的卫星通信时代。到了80年代初，已有大量的通信卫星等着要发射。

就在这个时候，1984年4月8日，我国新研制的长征三号火箭首飞成功，具备了高轨道卫星的发射能力。我国不失时机地在1985年10月正式宣布：长征系列火箭投入国际市场，承揽国外用户，为发射外星服务。

当时国际上一连串的火箭发射失败，也给我们带来了机遇。

从1984年2月3日，美国航天飞机挑战者号发射西联星6和印尼星2失败，到1986年5月31日，法国阿丽亚娜火箭发射国际通信卫星V失败。在这短短的两年多时间里，美国和法国的火箭竟有10次失败。就在这一片失败声中，我国长征三号火箭于1986年2月1日又一次成功发射了实用通信广播卫星，从而大大提高了它的竞争力。

也许是历史的巧合，恰恰是1984年2月3日美国发射失败的西联星6，在11月12日用航天飞机发现号把它取回来后，几经辗转，最后由亚洲卫星公司购买并命名为亚洲一号卫星。就是这颗由美国休斯公司制造的休斯376卫星，最先成为“长三”火箭的用户。

实力的较量

长征三号火箭真要进入国际市场，最终还得靠自己的实力。

一、技术攻关

长征三号火箭，要发射高轨道卫星，技术上必须再上一个新台阶，碰到技术难关是很自然的。通过攻关，我深深体会到，长征三号的技术难度很大，但工作却是非常扎实的。

就拿防电磁干扰攻关来讲。长征三号火箭用了不少数字电路，它比模拟电路有很多优点，但也带来了易受电磁干扰的新问题。

还在试验室做电气系统综合匹配试验时，由于事先缺少足够的思想准备，措施不够有力，一度竟一筹莫展。在实践中不断总结改进，到后期就有了一系列措施。但这毕竟只是试验室的情况，仪器又是散装状态，装到火箭上后还能不能保证？卫星与火箭对接后，相互会干扰吗？发射场周围的大功率无线发射设备会造成干扰吗？为了万无一失，决定要在西昌发射场做这些试验。领导上让我多次带领队伍去现场，经过试验又形成了接地、屏蔽、包扎等 5 项措施，问题得到解决。

1983 年 9 月，已临近长征三号火箭首发飞行试验前夕，为了最终检验防电磁干扰的有效性，我再次奉命带队去发射场。出发前，张院长嘱咐我："见到你签字的结论，我们大队伍就出发。"话短压力大，我心想已没有任何退路，一定要得出"行"的结论。

经过一个多月工作，我们做了各种状态下的试验。在反复核对数据、确信可以得出"星、箭、地各系统相容，发射场区 50 公里范围内的大功率无线设备对星、箭不干扰"的结论时，我最终在传真上签了字。

二、70 天的特殊战斗

1984 年 1 月 29 日，长征三号火箭首次发射，第三级新研制的氢氧发动机二次起动后，很快出现故障关了机，卫星未能进入预定轨道。当时领导上作出了大胆的决定：在现场分析故障、修改设计。北京密切配合进行故障模拟、验证设计，组织生产和试车。这是史无前例的决策。这样从 1 月 29 日到 4 月 8 日，整整 70 天，开展了

一场紧张的特殊战斗。那时候我在北京负责长征三号火箭的技术工作。往来于西昌和北京的同志,从北京机场接回就直奔车间、试验室。画图—生产—试验—改图—再生产—再试验,我们的工作就是这样一气呵成的。记得为了一个部件,竟连续干了三天三夜才最终拿出了合格产品。最后经过修改的发动机在短短的几天里试了八次车,全部成功,这才把零部件送走,在现场改装早已运到发射场的第二枚火箭。北京的任务完成了。

任何事物总会有不同意见,尤其是火箭飞行故障。故障发生在天上,我们仅凭少量的遥测信息来分析判断有很大困难,地面试验缺乏高空环境,又增加了验证难度。这 70 天里,我们经常处于种种不同意见的争论之中,即便在北京的任务完成后,还有个别同志坚持认为这次故障原因并没有找到,现在的修改无济于事。

我理解这些不同意见,但现在已经到了关键时刻,我决不能在这个时候再去反映,去干扰领导的决心。另外,我相信自己的实践和判断,将来要承担责任我也认了。4 月 8 日发射那天,我在国防科工委的指挥所里值班,随着发射时刻的临近,人们的心情越来越紧张。当领导上一再问我“这次能不能成?”这个简单问题时,我也凭着这种认识回答得越来越干脆:“能。”

发射之后,我看到三级二次起动成功,星箭分离、准确入轨,心情异常激动。这 70 天的特殊战斗是长征三号火箭八年研制工作的缩影,它充分体现了中国人的志气、魄力和实力。这 70 天创造的奇迹,也帮助世界了解我们。在我的记忆中,与外国同行打交道,只要提到这件事,他们总会表示钦佩和赞誉。

三、排除障碍

长征三号火箭要进入国际市场,还有其他障碍。

外国公司并不希望我们进入市场,成为他们的竞争对手。我记得 1988 年 8 月,去法国库鲁发射场参观阿丽亚娜火箭的第 25 次发射。临行前领导上对我说,去了法国要多做工作,我们主要是满

足国内卫星发射,作为国际市场的一个补充,我们一年只提供两枚火箭。带着这个任务,我见到他们就作宣传,得到的反应却是那么的一致,他们都非常激动地说:你倒说得轻松才两枚,可我们一年也才八枚啊!这给我留下的深刻印象是,我们要进入国际市场,他们不欢迎,绝对地不欢迎。

要打外星,就有个外国卫星进入中国的问题,就要受到卫星生产国的干预。经过多年的艰苦谈判,终于在1988年,里根总统批准了双方签订的协议。尽管条件苛刻,只允许发放八颗卫星的许可证,但卫星在人家手里,我们还是不得不接受。发放许可证还有名堂,不是一颗卫星就发一个许可证,而要分阶段几次发。亚洲一号卫星就要发射了,但最后一个允许在中国发射的许可证还没有拿到。1989年12月,在洛杉矶进行最后一次技术协调会。第一天会上,我方提出了商定发射日的问题,他们面有难色,避而不谈。谁知第二天12月12日,我们刚到会场,就发现美方人员三三两两兴奋地谈论着,情绪与昨天截然不同。正猜测发生了什么事时,他们把早已准备好的复印件,送到了我们手中。这是当天《洛杉矶时报》刊登的一条消息,标题是"美国放松对中国的制裁",内容是布什总统将在两周内发放休斯公司制造的卫星在中国发射的许可证。这一下就使得商定发射日十分顺利了。在我们离开洛杉矶的前夕,12月21日,休斯公司拿到了许可证。

我也记得1989年5月,正当我们长征三号火箭的生产和试验处于最紧张的时刻,北京发生了动乱。外电谣传使亚洲卫星公司动摇了,他们连连来电询问能否按计划执行。我们除给予肯定的答复外,为消除他们的疑虑,决定请他们派团来实地考察。只有亲眼看到大院外马路上有学生在围堵,而大院里无论车间还是试验室,都在紧张有序地工作后,他们才彻底信服了。

最后的考验

1990年2月5日，我们乘专列出发。站台上，欢送的人们纷纷说：这次发射将为中国火箭走向世界开创历史纪录，责任重大，一定要打成啊！的确，中国火箭能否撞开世界大门，这是关键一仗，过去所做的一切努力，最终将由这次发射来检验。我是试验队长，在院里又一直负责长征三号火箭工作，此时此刻我又一次感受到这次任务的分量。

其实，我对这次发射是充满信心的。我长期参加长征三号火箭工作，对它是了解的、熟悉的。这已是第七次发射了，以往的成功我心中有底。同时我更了解这支队伍，熟悉他们的特点和脾气，他们是完全信得过的。记得有一次火箭装配时，主持氢泵装配工作的一位中年女师傅，体检时发现患有癌症，但她坚持要装完亲手交付后才肯去治疗，怎么劝说下命令都不管用，她就是一句话："否则我心里不踏实。"多么朴实的语言，就这样她一直坚持到产品交付。有这样的队伍，我还能不放心吗？

当然，这次任务对这个队伍来讲有更多的困难，他们中多数人刚参加完2月4日的第6次发射，两个月的连续工作已很疲劳，还没有得到休整。本来是考虑休整一下的，只要推迟一下火箭和卫星进场时间就可以办到。但为此征询亚洲卫星公司的意见时，他们加急电告：希望中方绝对不要提出推迟日期的任何建议，否则后果严重。还在后果严重四个字下重重地划上了几条粗杠。卫星进场后才揭开了这"后果严重"之谜。原来，布什知道国会复会后又要提出制裁，为避免为难，卫星必须在他结束休假的2月11日前离开美国，以造成既成事实。美方人员告诉我们，卫星是2月10日晚上6点半离开洛杉矶的，飞机途中在夏威夷加油，于北京时间12日凌晨3点半到达北京。听完这一段神话似的故事，我们队伍里一开始

还有点想法的同志，就什么想法也没有了。

工作正紧张地进行着，突然新闻媒体传来消息：2 月 22 日，为日本发射超鸟 B 通信卫星和 BS—2X 直播电视卫星的阿丽亚娜 4 火箭发射失败。据报道，这一年是阿丽亚娜航天公司成立 10 周年，再过几个星期就要大张旗鼓地庆祝了，无疑这次失败给蒙上了阴影。难怪法国《世界报》2 月 24 日发表了题为《悲惨的生日》一文，哀叹人们已很难无视中国长征火箭的竞争了。2 月 28 日，美国航天飞机亚特兰蒂斯号发射的 KH—13 侦察卫星在空中爆炸。3 月 14 日，美国大力神 3 火箭发射国际通信卫星 VI 失败。

历史又把我们长征三号火箭的这次发射，推到了一次重大的国际竞赛中。这些消息，就像一付又一付清醒剂，我们的工作更加仔细了。

西昌是雷暴区，雨季雷电频繁，经常发生落雷、滚雷和引雷。据说有一年，一个滚雷破窗而入，还死了人。但西昌的雨季又是有规律的，不但历史上有记载，就从几年来的实践看，确实雨季都在每年的 4 月到 9 月。

不过今年的雨季提前了，天气的中长期预报告诉了我们，从我们进场一个月的统计看也证实了这一点。这一个月里，阴天占了一多半，下雨有 6 次，特别是 2 月 25 日，傍晚不但下起了雨，19 点左右竟然还雷声大作，雷电交加。进入 3 月，还没有见过一个晴天，3 月 7 日 18 点左右，狂风之后又下起了大雨。

对防雷电，我们是有准备的。还在研制阶段，我们就把防雷电作为专题攻关，做了大量工作。1981 年到 1982 年，我们将箭上主要的电子仪器和火工品等，在电力科学院做过高压模拟雷击试验，我们有防雷电的措施。但为了安全起见，过去历次发射都设法避开雷电天气。

这次是首次对外发射，一定要万无一失，我们做了更多准备。请来了中科院空间中心的同志，他们带来了测雷电设备，既有雷电

定位系统,也有电场仪。在参观这些设备后,我们对电场仪更有兴趣,因为大致可以预报而不是事后测定。电场仪可以测得直径 10 公里内云层的电场强度,并且可以 24 小时连续监测。此后,我几乎每天都要去离发射场最近的监测点,查看记录并对照直接观察到的天空情况,试图作出对比。

一天,他们兴奋地告诉我,发现了一点规律,只要上午 8 点后,记录到的曲线上不断出现大的波形,那么傍晚就有大的放电过程,就会打雷。我听了非常高兴,这点发现很重要,使我们在加注液氢前做到心中有数。

3 月 15 日火箭转运。早上 7 点半人员就位,这时正下着小雨,尽管对火箭来讲有点小雨并不怕,但由于这次任务的特殊重要性,最后一致同意到 9 点再定。9 点整,人到齐了,看天上的黑云在减少,雨点也几乎没有了,气象预报是 10 点到 17 点阴无雨,大家意见一致,马上转,抢这个窗口。

抓紧工作,到 14 点 15 分,一、二、三级火箭已全部吊入塔内,就差最后吊装惯性平台一项了。这时黑云又压了上来,雨还没下。平台吊上去,塔架合拢 15 点整。将近 17 点,果真又下起了雨,大家说,气象预报真准,要是发射那天也能如此就好了。

发射日尽管已定在 4 月 7 日,但天气如何却一直还在困扰着我们。从 4 月 4 日开始,我们天天要开会研究,4 月 6 日晚上,确认 7 日 19 点 50 分第一个发射窗口发射。为保险,7 日中午 12 点半再会商一次天气。12 点半,人到得很多,大家都关注着会怎么决策。天气预报是 18 点后云量可减少,中低云、无雷电,20 点后会更好,只是下午可能有小阵雨。于是一切照原计划执行。

液氢加注已接近尾声,一切正常,我们都松了口气。我跑出洞外透透新鲜空气,刚出洞口,就见天上黑云密布,已下起了雨点。看来预报的小阵雨就要来了,好在这时已加注完毕,我看到塔架正在迅速合拢。

谁知情况突变，山沟里的天气真是捉摸不定，竟下起了大雨。15 点 50 分，又闪电又打雷，大家心里七上八下，焦急万分。

我感到迷惑不解。这天我最后一次去监测站是 13 点 30 分，看过记录曲线，非常平稳，怎么今天规律突然异常了呢？我和谢总师冒着大雨赶到监测站，一进去，就听说原来是电源插头不知什么时候给碰掉了，过去的记录曲线全部作废。听了真叫人哭笑不得，在这种关键时刻，开了这么个“玩笑”。心里实在恼火，但又无可奈何，好在从记录曲线看，已记录到 10 千伏/米的数据了。

雷电整整发作了半个小时，到 16 点 20 分才停，但雨还在下着。天还是那么黑，于是人们议论纷纷：打？还是不打？

我又回到监测站，心想就守在这里吧。打还是不打，很大程度上要用记录到的数据说话了。

国外是有前车之鉴的。1987 年 3 月 26 日，美国宇宙神——半人马座火箭发射海军通信卫星，发射前遇到雷电天气并已测得电场强度大于 4.64 千伏/米。起飞后不到一分钟就遭雷击，浪涌电压破坏了制导控制计算机，导致星箭俱毁。

一般说，场强在 1 千伏/米以上，带负电会有雷，带正电则不会有雷，但火箭升空后可能发生引雷，都是应当避免的。最稳妥的办法就是确保场强在 1 千伏/米以下，并且越小越好。

我看到曲线一直平稳，数值还在减小。18 点过，告诉我可确认场强能稳定在 0.2 千伏/米以下，我才心里踏实地离开监测站。

由于种种原因，错过了用第一个发射窗口的下令时间，而第二个窗口只有 10 多分钟，太短，决定用第三个窗口，即 21 点 30 分发射。

20 点 40 分，已经准时下达“50 分钟准备”的口令。这时，发射场上空开始露出了一个小小的天井，能看到个别的星星，这是天将放晴的迹象。大家悬着的心开始放下来了，个个脸上“阴转晴”。大家还开玩笑说：看来老天爷被感动了，给我们开个口放行了吧！

21点30分，准时发射，准确入轨。我们成功了！我们胜利了！

这天夜里，我无法入睡。

我回想着进场后在试验队动员大会上讲过的一段话："在今后的50天里，在中华民族的历史上，将要出现一个奇迹，这就是一个经济上还相当落后，人均国民收入不到400美元，科学技术还不发达的发展中的社会主义国家——中国，将要用自己的高技术，长征三号火箭，把世界上号称最富有、科学技术高度发达的国家——美国的高技术，休斯376卫星，送入同步转移轨道。"今天，这个奇迹已经出现。

我想起了1956年，当我跨入一座临时借用的医院大门，对我们就这样开始攀登世界尖端技术高峰，开创我国的火箭事业，所曾有过的迷惑；

想起了1957年10月4日，苏联第一颗人造地球卫星上天，我们一群年轻人高谈阔论要用亲手设计的火箭发射外国卫星的梦幻；

想起了1960年苏联专家撤走后，我国火箭事业完全依靠自力更生开始的新长征；

想起了我国运载火箭在短短10多年里，从长征一号、二号、三号，不断飞跃，跨上了三个新台阶；

想起了长征三号火箭的近八年研制、攻关和那难忘的70天；

更想起了这次进场以来的日日夜夜，这恼人的天气、雷电以及由此引发的种种争论。

今天的成功，今天的胜利，真是来之不易啊！

作者系航天总公司科技委副主任，原一院院长

长征三号的研制与外星发射

范 士 合

1974 年 5 月 29 日周总理在邮电部三同志关于发展我国通信卫星的建议信上批示:先将通信卫星制造、协作和使用方针定下来;后再按计划分工,做出规划,督促进行。1975 年 2 月 17 日国家计委、国防科委将 1974 年 9 月 30 日联合起草的《关于发展我国卫星通信问题的报告》正式定稿上报中央,3 月 31 日中央同意了这个报告并经毛主席、周总理阅示,后定名为 331 工程。

331 工程的确定,是一个具有远见卓识的英明决策,它将为我国社会主义的建设发挥重大作用,不仅加快了我国通信事业的交流,同时也促进了电视广播事业和全国的电教事业。随着我国社会主义建设事业的发展,我们更加深切地体会到了它的重要作用和深远意义。

331 工程共分为五个部分:卫星、运载火箭、发射基地、测控系统、通信系统。当时七机部肩负着卫星及火箭的主体任务。那时,当我们聆

听到 331 工程被确立及一院肩负运载火箭研制的光荣任务时，从领导到广大科技人员与工人无不精神振奋、意气风发。我们国家还是一个发展中国家，工业和科学技术还远落后于发达国家，毛主席和周总理把这样一个艰巨任务交给我们，这是对我们航天战士的莫大信任和关怀。当时我们每个同志都暗暗下定决心：一定要完成这个任务，研制出具有足够运载能力的大型运载火箭，把通信卫星运送到地球转移轨道，使卫星在远离地球 35800 公里的赤道上空占有一个宝座，为我国的政治、经济和军事服务，为全国人民造福，我们的运载火箭一定要在这个领域里赶上世界的先进水平。

艰难曲折的研制历程

1974 年 9 月国防科委召开了卫星通信工程方案论证会，确定运载火箭以长征二号为基础加常规三级二次启动和氢氧级一次启动两种方案同时并举。1976 年 4 月七机部决定，三级采用氢氧发动机为主要方案的运载火箭发射通信卫星。1976 年 8 月国防科委在北京召开 331 工程总体技术协调会议，明确决定：运载火箭第一二级用长征二号并稍加修改；第三级动力装置用新研制的两次点火的氢氧发动机。这样可把 1300～1500 公斤的有效载荷送入地球同步转移轨道。同年 10 月国防科委、七机部在北京召开 331 工程研制任务落实会议，确定了研制进度，生产数量及研制任务的分工。明确运载火箭总体设计在一院，一、二级由上海机电二局负责，三级由一院研制。此后，从北京到上海以及全国各地各个系统便拉开了运载火箭研制工作的序幕，从总体、分系统到单机开始了可行性论证与方案设计等工作。众所周知，三子级氢氧级发动机研制是世界级攻关项目，低温技术虽然在 60 年代已建立课题，70 年代初做了些试验工作，但距设计需求还相差很远，可以说我们是从零开始，好多应在预研阶段完成的工作都拿到方案阶段来完成。如在低

温条件下材料的机械物理性能数据在我国还是一个空白，液氢是具有一低四小（沸点低—253℃，密度小，表面张力小，导热系数小，粘滞系数小），易燃、易爆等特性的燃料，这就给研制工作带来极大的困难。对液氧性能我们有比较成熟的使用经验，而对液氢的使用，可以说是一无所知。为了少走弯路，专业人员查阅了大量的国外技术文献，取得了很多的理性知识和大量的数据，但作为设计依据还很不够，特别是金属与非金属材料机械物理特性必需有第一手的测试数据，才能进行结构设计，冶金部有色冶金研究院伸出支援之手，用自制的土设备，把氦气压缩成液氦，又把液氦温度提高到液氢温度进行试片的拉伸试验，经过紧张、艰苦地工作，终于提供了一整套低温数据。材料及有关数据是箱体及发动机结构设计的关键之一。通过试验及查阅资料，我们从感性认识上进一步体会到，铝铜合金及不锈钢金属材料是适应低温液氢温度下较好的材料之一。

材料确定后接着就开始了结构设计与试验工作。接踵而来的问题越来越多，困难也越来越大。如氢氧箱及其共底的成型工艺，缩比氢箱的破坏载荷试验，共底及整箱在液氮下的合格载荷及破坏载荷试验，液氢下的合格载荷试验，低温的氢氧活门试验，这些工作都是在全国有关科研单位与工厂的大力协同下才顺利完成的。

氢氧发动机的研制更是险情迭起。1981 年，在一次氢氧文氏管氢泵台的调试中，发生了一起严重的爆炸和起火事故。遥测与控制系统相互干扰，使合练时间又延长了半个月，才落实了五项防干扰措施，经过试验终于将干扰抑制在允许值以下，而在 01 批产品只能采取四种措施。这种干扰在试验室内散装仪器条件下一般不暴露，只有在装箭后才出现，而且在塔架平台合拢后更为严重。

虽然在出厂前我们已经把认识到的问题都解决了，但是，对三子级在高空失重、真空条件下可能会出现的问题估计不足。实践表

明，1984年1月29日在发射第一颗试验通信卫星时，三子级在400公里以上的高空中，第二次点火后推力突然下降，使卫星未能进入预定轨道。当时全体人员无不痛心疾首，10年的辛勤劳动就这样结束了吗?！不，不能！一定要找出原因，确保第二枚火箭发射取得圆满成功。1月30日聂帅给全体试验队员发来了慰问信，在肯定发射成绩的同时指出："只要大家认真对待，从中分析原因，查明故障，得到经验，我国同步卫星一定会发射成功。"这真是一场及时雨，同志们听后感受到中央领导的关怀、鼓励和鞭策。想起出发时，邓小平同志的话："成功了功劳是你们的，失败了我们负责"，这种伟大的胸怀，深刻的理解和支持，使我们更自觉地加重了自己的责任感，决心要遵照周总理的16字方针指示把故障找出来。当时，前方后方齐动员，鼓足干劲，行动一致，仅用70天的时间就把故障原因找出来了，在待发射的第二枚火箭上采取了三项措施。

当年4月8日长征三号第二发火箭发射成功，将东方红二号试验通信卫星准确地送入了预定的转移轨道。全体试验队员，前后方所有的研制人员无不欢欣鼓舞，怀着胜利的喜悦，同庆我们的成功，同时也认真总结经验教训，以利再战。几年来的血汗终于铸成了神箭，这是我国在航天领域里带有里程碑性的一次胜利，同时也震动了全世界。美国宇航局局长贝格斯写信祝贺中国成功地发射了地球同步卫星，信中写到："你们完全可以为中国航天计划中的这一重要里程碑感到自豪，为长征三号运载火箭的性能感到自豪，仅有少数几个国家达到了这次发射所显示的技术能力。"中共中央、国务院、中央军委贺电指出："这是我国航天技术取得的又一重要胜利，标志着我国航天技术有了新的飞跃。"聂帅贺信称：这次试验成功，对我国的航天技术，信息技术都有新的重大的突破。中央领导在人大会堂的庆祝会上指出："这是我国社会主义建设现代化的一个重要成就。标志着我国运载火箭技术与卫星通信技术已经跨入世界先进行列。"

我在加拿大访问时，一位华侨曾意味深长地对我讲过："我们为祖国有你们这样一批火箭专家而感到自豪，通信卫星的发射成功，使我们华侨在国外走起路来腰杆更硬了。"

中央领导的讲话，海外华侨的称赞，美国宇航局长的贺信都是对我们十年来用集体的智慧和血汗创造的成果的最高奖赏。但是在一片祝贺中，我们需要清醒地看到，我们在这个领域与世界水平还有很大差距，要戒骄戒躁，应进一步提高产品质量和技术水平。第八发"长三"火箭发射未能入轨的教训告诉我们，一个新的火箭不经过一定数量的发射使用，其固有潜在的质量问题就不能充分暴露。同时说明：地面测试良好的火箭不等于发射不出问题。发射成功的火箭也不等于一点隐患也没有。从三枚发射成功的火箭遥测数据分析，发现其中两枚姿控小发动机有 1—2 台的失效，有一发的三级在第二次点火 7 秒后引导系统就止导了。失败和故障换来的沉痛教训，我们要永远牢记，在未来航天事业的发展中这些都是我们宝贵的财富。

承揽国外用户 为发射卫星服务

1984 年中国试验通信卫星发射成功后，1985 年 10 月 26 日，航天部部长李绪鄂向世界宣布：中国自行研制的长征二号、长征三号运载火箭投入国际市场，承揽国外用户，为发射卫星服务。从此我们便大踏步地把中国的运载火箭推向国际的空间商务发射市场。1986 年 9 月，美国西联公司在京签订了中国长征三号运载火箭发射西联—6S 卫星的发射订座协议。1987 年 1 月，长城公司与美国特雷公司签订了用长征三号为其发射卫星的合同，同年 2 月长城公司与美国泛美公司签订了用长征三号为其发射卫星的合同。在这个过程中，我们与有关公司签订合同后工作进展得比较顺利，已开始了与休斯公司的机械接口的协调工作，逐步地按国际惯

例理清商务合同签订后需履行的星箭技术协调程序，包括发射基地的发射服务。但这些公司后来都因筹款困难，前后终止了合同。后来相继还有一些国家和地区的卫星公司来华寻求发射卫星，中国长城公司与香港的亚洲卫星公司在1989年1月2日，签订了用长征三号火箭在西昌卫星发射中心发射亚洲一号卫星的合同，并把1990年4月份定为发射月。

在商务谈判的基础上，我们开始与休斯公司进行技术协调。该公司生产的HS376通信卫星在当时是性能比较可靠的通信卫星，所以选择中国长征三号作为运载工具，就是看到长征系列火箭性能可靠、价格便宜。这正是我国运载火箭在国际市场承揽国外用户的最大优势。

谈判开始时我们就遇到很大的阻力，由于过去产品对外保密，技术协调内容，国际上有哪些惯例……等等，这些我们都是陌生的，必须从头学起，同时我们又要不卑不亢地平等外协，要达到这些要求，需克服许多难以想象的困难。拿保密来说吧，那是国家法律有明文规定的，在技术协调中如果每个重要技术问题都要向上级请示，一个报告几个月也批不下来，就会延误时机。在改革开放的新形势下，领导把保密的界定权交给了总师，这样我们就可以根据实际情况放开手脚工作了。事实上按照国际惯例，人家花几亿人民币购买你的火箭和卫星时，即对你的生产实行了监督，无论是卫星经营商、制造商、保险公司都聘请了一批懂技术的专家到我们的生产厂、试验中心，实地考察第一手资料，我们的产品质量控制是有效的，生产的产品是可靠的，讨论后，才允许进一步开展工作，保险公司才进行保险。

在谈判过程中，对于大部分难题双方都是实事求是地想办法解决，但也有少数外国专家曾对我们的设计水平及质量控制表示过怀疑，当他们了解到我们参加长征三号研制的工程师们大部分都有几个型号的设计经历后，非常佩服。有两位加拿大的质量专家

代加拿大的特雷顾问公司专门到北京、上海进行了考察，他们在考察总结中写道："中国火箭生产质量管理在某些方面要高于北美。"

在整个技术谈判过程中，休斯公司的专家对我们中国的专家是尊重的，双方配合，解决了一些重大难题。为使卫星能够适应中国"长三"火箭，他们更换了远地点发动机；为了适应卫星的技术要求，我们也对火箭进行了五项重大修改设计，其中有：

1. 整流罩加长 200 毫米。

2. 改用了新研制的无污染爆炸螺栓，满足了卫星表面污染不超过每平方米 2 毫克的要求。

3. 提供新设计的过渡锥及分离包带，过渡锥按国际标准接口设计，分离方式采用四个弹簧进行星箭分离，以保证卫星离箭后的速度增量为 0.5 米/秒。

4. 为了满足外星要求，火箭在星箭分离前把卫星起旋 5～7 转/分，选用了两对小固体火箭装在三子级重心处。经过国内星的发射试验，证明方案是成功的，这可以说也是一个创举。

5. 整流罩内增加空调系统，以满足星对箭的温度、湿度与洁净度要求。

为了满足卫星的技术安全，除了以上修改设计外，同时又进行了星箭之间相容性评审，共确定了五大课题：

1. 星箭载荷耦合分析和评审。

2. 星箭热环境分析和评审。

3. 星箭分离相对运动的分析和评审。

4. 星箭电磁兼容分析和评审。

5. 轨道分析和评审。

以上的五项设计更改和五大评审都要在一年内完成，同时还要形成一个带有法律性的技术接口控制文件，任务相当繁重，特别是高精度的过渡锥的生产和三次力学环境、章动及分离分析的任务尤为艰巨。在同志们的共同努力下，终于在 1989 年 12 月的洛杉

矾评审会上双方一致通过了评审项目，并使参加会议的四个国家的七方代表在接口控制文件上签了字。美国总统在圣诞节前宣布：同意美国休斯公司的卫星用中国长征三号火箭发射。这是我国在运载火箭领域开辟国际市场取得的第一次胜利。

技术协调并没有就此结束，在卫星与火箭进场后对联合操作及发射程序一直协调到1990年4月5日才签署了“允许发射”的协议。4月7日晚9时长征三号火箭像火龙腾空而起，把1200多公斤的亚洲一号卫星准确地送入地球同步转移轨道。当指挥大厅传来了入轨的报告后，大厅内雷鸣般的掌声此起彼伏，大家欢欣鼓舞，相互致贺。特别是亚星的阵地发射主任及休斯的高级顾问，本来要我们发射后半小时给出入轨数据及起旋的数据，一时高兴得也不要了，因为他们很快就接到休斯地面站传来的报告，宣布已经跟踪到卫星了。

中国航天战线上的广大科技人员为祖国为人民争了光，中国科技人员表现出的技术水平为外国专家所叹服，加拿大的卫星发射主任说：“北京万源公司的工程技术人员是一批杰出的火箭设计专家。”休斯公司的专家说：“我们对火箭一直很放心，中国的火箭专家造诣很深。”

40年来，长征三号火箭在已有成功型号的基础上不断发展成熟起来，在80年代实现了三个突破：一是低温三子级的研制成功，特别是氢氧发动机的突破使我国赶上或接近了国际上低温领域的先进水平，为研制大推力氢氧发动机打下了基础；二是通信卫星的发射轨道是地球卫星轨道中最难的一种轨道，它需要大运载火箭，只有三级火箭才能做到，而且入轨精度高，航程远，卫星再经过变轨才能定点，能够完成这样一个复杂的轨道任务又是一个突破；三是通过长征三号火箭发射成功，开辟了商业发射卫星的国际市场，打破了少数西方先进国家在空间领域一统天下的局面，这是具有重大政治意义的突破。

回忆40年航天事业走过的光辉历程,令人自豪,催人振奋,我们不仅为国家培养出一支具有航天高技术水平的科技队伍,同时也奠定了航天工业基础。在世界航天领域内,我们为国家、为民族争得了一席之地,取得了举世瞩目的光辉成就。我们对未来航天事业发展更充满了信心。让我们新一代携起手来,为我们光辉灿烂的明天奋勇前进!

作者系长征三号总设计师,一院技术顾问、研究员

迈向新世纪的长征三号甲系列火箭

龙 乐 豪

长征三号甲系列火箭是指由长征三号甲(CZ-3A)及其发展型长征三号乙(CZ-3B)和长征三号丙(CZ-3C)三种火箭组成的大型火箭群体,其地球同步转移轨道运载能力分别为2.6、5.1和3.8吨,是我国目前运载能力最大的系列火箭,也是我国跨世纪的商业应用发射的大型主力火箭。

CZ-3A系列火箭经历了较为漫长的发展过程。早在1984年4月8日我国第一枚高轨道运载火箭——长征三号(CZ-3)首次发射成功后,中国运载火箭技术研究院的工程技术人员,就开始酝酿新型火箭的技术发展途径与设计方案,1985年初提出了在CZ-3的基础上“上改下捆、先改后捆、分步实施”的发展思路。所谓“上改”就是对CZ-3的第三级火箭进行重新设计;所谓“下捆”就是在一级火箭的四周捆绑若干个液体助推火箭;所谓“先改后捆”是首先研制经过重新设计的芯级(即中心级)火箭,

然后研制以其为基础的捆绑型火箭。1986 年 2 月，中国运载火箭技术研究院审定了作为长征三号甲系列火箭芯级的 CZ-3A 总体技术方案，同年 2 月 28 日，航天工业部向国务院上报了《关于加速发展航天技术的报告》，肯定了 CZ-3A 火箭的总体技术方案与初步研制计划，3 月 31 日国务院以国发（1996）41 号文件批准了这一报告，5 月 3 日国防科工委发出《关于迅速发展广播通信卫星工程研制建设工作的通知》，规定卫星通信工程包括东方红三号（DFH-3）卫星、CZ-3A 火箭、西昌卫星发射场、卫星跟踪与测量控制系统、卫星应用系统等五大部分，工程代号为 862，发射时间为 1992 年。从 1986 年 3 月 31 日中央批准 CZ-3A 立项研制开始，正式拉开了 CZ-3A 火箭研制工作的序幕。经过 8 年艰苦鏖战，1994 年 2 月 8 日，CZ-3A 首次飞行试验获得了圆满成功，将 DFH-3 通信卫星与夸父一号（KF-1）模拟卫星先后送入预定轨道。随后于 1994 年 11 月 30 日、1997 年 5 月 12 日又分别将第二、三颗 DFH-3 通信卫星送入预定轨道。至此，CZ-3A 火箭取得了三战三捷的胜利。

考虑到国内外(特别是国外)商业卫星发射市场的需要，还必须研制比 CZ-3A 运载能力更大、性能更好的大型运载火箭。因此，当 CZ-3A 还处在攻克技术难关最艰苦的研制阶段，我们就大胆积极的向世界卫星发射服务市场推销 CZ-3A 的发展型火箭——CZ-3B 与 CZ-3C，即在 CZ-3A 的芯一级分别捆绑四个或两个液体助推器的两种新型火箭。这种努力终于取得了成果，1992 年 4 月 24 日在华盛顿的国际通信卫星组织总部，中国长城工业总公司与国际通信卫星组织签订了 INTEL-1247 合同，规定用中国的 CZ-3B 火箭于 1995 年底将美国洛拉尔公司制造的 INTEL-ⅦA 卫星发射至地球同步转移轨道(简称 GTO)。1993 年 2 月 1 日，国防科工委正式批准 CZ-3B 火箭立项研制。经过三年的努力，于 1996 年 2 月 15 日进行了首次发射，十分遗憾的是由于一个电器元件的功能

突然失效，导致火箭飞行失败。经过1年半的艰苦奋战，终于在1997年8月20日，CZ-3B火箭再次起飞，成功地将菲律宾的马步海(MABUHAY)通信卫星送入轨道。截止到1998年7月18日，CZ-3B火箭已经四次飞行成功，分别将三颗美国制造、一颗法国制造的大型通信卫星送入预定轨道。

继1992年4月CZ-3B火箭赢得CZ-3A系列火箭的第一个国外发射服务合同后，又受CZ-3A连续两次发射圆满成功形势的影响，1995年1～5月CZ-3C又赢得了发射美国"回声-3"(ECHOSTAR-3)、德国"拉毫尔-1"(NAHUEL-1)等三个外星的发射服务合同。据此，1995年3月17日国防科工委正式批准CZ-3C立项研制，到1996年3月止，CZ-3C首次飞行前的研制工作已基本完成。鉴于CZ-3B首飞失利，为集中精力确保CZ-3B研制成功，航天总公司于1996年秋暂时中止了CZ-3C的研制工作，并将CZ-3C三个发射合同承担的任务转由CZ-3B代为发射。

从以上的发展过程可以看出，CZ-3A系列火箭是以国内需求为基础、以国际商业发射市场为牵引动力发展起来的。如果没有"862工程"，就不会有CZ-3A的诞生，也没有CZ-3A系列火箭的发展基础；如果没有外星发射合同，CZ-3B、CZ-3C就不可能正式启动研制。这是因为国内卫星重量轻，CZ-3A的运载能力已经可以满足要求，不需要运载能力更大的CZ-3C、CZ-3B火箭。因此，可以说CZ-3A系列火箭是改革开放的产物，它的诞生是我们打开国门、走向世界的结果。

CZ-3A系列火箭研制的起点较高，其设计目标是瞄准本世纪末及下世纪初国内外卫星发射市场的需求与发展趋势，力求其总体技术性能、适应性、可靠性、经济性在国际上具有较强的竞争实力。为了实现这一目标，我们在尽力继承成熟技术的同时，不得不在CZ-3A的设计中采用约占60～70%的新技术，这个比例已经超过正常情况下的一倍以上。一般情况下一个新研制的火箭其成

熟技术应占70%以上，新技术应少于30%。CZ-3A的新技术既有设计方面的，也有制造工艺方面的，重要的有100余项，它们中间许多都属于当前世界航天领域中高、新、难技术。例如：

• 第三级火箭采用的YF-75液氢液氧发动机，它的总体技术水平(包括设计与生产制造)不仅在国内是最先进的，在国外也达到了目前同类发动机的先进水平；

• 火箭控制系统中的核心部分——四轴小型惯性平台，是我国20年来火箭惯性器件的一大突破，它在CZ-3A系列火箭中的首次应用，显著地提高了火箭的适应能力，使我国运载火箭的惯性器件技术水平接近本世纪八、九十年代的世界先进水平；

• 控制三级发动机摇摆的伺服机构也是重新设计的高难技术项目，它的一次能源用的是高压低温氢气气动机。采用这一技术有许多好处，最突出的是简单可靠，并且减轻了100余公斤的结构重量，相当于可以使CZ-3A每次飞行中多发射一颗重100多公斤的卫星。但这一新技术的采用要攻克气动机高速旋转条件下的干磨擦、自润滑、高低温度区的快速交变等许多技术难关。经过不懈的努力，我们取得了成功。这一技术在国内是首创，国外至今也未见先例；

• 给第三级火箭液氧贮箱增压用的高压低温氦气增压系统，是世界上第二个完全依靠本国的力量研制成功的高难技术项目。这一技术的采用不仅使火箭运载能力提高约200kg，还使三级发动机第一、二次点火工作之间的无动力滑行时间基本上不受限制，因而可以灵活地满足不同卫星发射的需要，改善了火箭的使用性能。

由于上述四大新技术的采用，使CZ-3A系列火箭的总体性能及其他一些性能不仅在国内处于领先地位，在世界也属一流水平。我们曾经将CZ-3A与国内外九种同类大型火箭分别从九个方面进行了量化比较，结果是CZ-3A有三项排第一名(或类)，两项第

二名，两项第四名，两项第五名，可见综合名次 CZ-3A 应在这九种大型火箭中的中上等位次。同样，我们也将 CZ-3B 与国内外十种主要同类火箭从九个方面进行了比较。其结果是：CZ-3B 有两项排在第一名（或类），三项第二名，两项第三名，一项第四名，一项第五名，综合名次 CZ-3B 处在上等的位次。为了加深大家对这种比较的印象，现列举几例加以说明：

• CZ-3B 的比较中有一项是“运载系数”，这是指某一种火箭的最大运载能力与这个火箭的起飞重量之比。显然这个数值越大表明这种火箭的综合技术性能越先进，其效能越高。在当今世界主要的十种大型火箭中，日本的 H-Ⅱ 型火箭的运载系数最高，达 1.52%，其次是美国的宇宙神 2AS 火箭，为 1.49%，CZ-3B 的运载系数为 1.22%，排名第三。有名的欧洲阿里安火箭、苏联质子号火箭的运载系数分别为 0.77%、0.78%，远远低于 H-Ⅱ、ATLS-2AS 和 CZ-3B；

• 还有一项比较是“长细比”。这是指火箭的总长度与其最大直径（捆绑火箭是指芯级的最大直径）之比。这个数值越大，表明火箭越细越软，弹性自振频率越低，火箭越难控制，即火箭的设计难度越大。如今人们都喜欢自己的身材高一些、苗条些，但各国的火箭设计师也有一个共同的爱好：火箭短一些，粗一些。目前世界上长细比最大的火箭是美国的大力神 4，其数值达 20.39，排在第二位的是我国的 CZ-3B，数值为 16.51；

• 运载能力是指某种火箭所能送入预定地球轨道的最大卫星重量。以发射地球同步通讯卫星为例，CZ-3B 的最大运载能力设计值是 5 吨，实际飞行结果已达到 5.2 吨，仅次于美国的大力神 4（6.35 吨）、俄罗斯的质子号（5.5 吨），列世界第三位；

• 还要强调的是火箭的适应能力与经济性能在市场竞争中占有极重要的地位。这两方面 CZ-3B 均有明显优势。比如：CZ-3A、CZ-3B、CZ-3C 既可实现一箭一星发射，也可以实现一箭双星发

射；既可以采用标准同步转移轨道，也可以采用超同步转移轨道，还可以在空中二次定向、调姿以及侧向机动飞行等。至于火箭的成本与发射费用，比西方国家的同类火箭要低得更多。这两方面正是卫星用户所渴求的。

以上这些比较结果应该是令我们兴奋的，因为CZ-3A系列火箭在众多的世界火箭群体中占有不俗的地位。由于CZ-3A系列火箭有它固有的优良性能，我们有理由相信它是迈向新世纪的一种具有生命力的大型运载火箭。

在CZ-3A系列火箭十多年的研制过程中，广大工程技术人员经历了许多艰难险阻，攻克了一个又一个技术难关，谱写了一个个动人的故事。

CZ-3A系列火箭面向国际市场的使命，决定了它的技术起点必然要高，必须瞄准国际先进水平，但我们的国情又决定了研制经费的投入必然是低水平的。如何将低水平的投入与高水平的火箭这一矛盾统一起来，这是摆在中国火箭设计师们面前的一大难题。为了不辱使命，我们的设计师们费尽了心机、绞尽了脑汁，从火箭的技术途径、设计方案、研制试验方法及程序等各个方面，进行了充分研究与论证，终于创造性地拿出了适合中国国情、既省又好又快的火箭设计与试验方案。例如：对于一种新的上面级（或者称顶级）火箭的发动机，在飞行前都要做高空环境模拟试车。但如何在地面模拟发动机天上点火时的高空环境呢？西方航天大国一般都采用“外能源抽空”的办法，以求形成一个巨大的真空室，然后在其中点燃发动机。这种办法要消耗巨大的财力、物力、人力和很长的时间。我们则很巧妙地采用发动机“自身影射法”来实现高空模拟试车，既省时又省钱。另外，对于某一级火箭整体的点火试车，国外都采用特别的加强型火箭来进行，我们则采用与飞行火箭同一技术状态的产品来完成，而且做到一枚火箭多次试验、一次试验多方收效。相对国外而言，我们的办法同样又节省了大量的经费与宝贵

的时间。类似的例子很多，不多列举。正因为有许多这种创造性的劳动，才使我们以最少的经费投入，成功地研制出性能优良的 CZ-3A 系列火箭。CZ-3A 火箭的研制费不足印度 PSLV 火箭研制费的 70%，而 CZ-3A 的总体技术性能却远远高于 PSLV。和日本的 H-Ⅱ型火箭相比，CZ-3B 也是很便宜的，它的单发成本只有 H-Ⅱ的四分之一左右。同样，CZ-3B 的总体性能（特别是运载能力）也高于 H-Ⅱ。CZ-3B 的研制费，国家没有直接投资，其费用完全来自它的发射服务合同中不多的份额。我们知道，欧洲空间局的阿里安五（Ariane-5）已花去近 100 亿美元的研制费，虽经两次飞行，但仍未成功。尽管其总体技术性能要高于 CZ-3B，但对 CZ-3B 来说，这样高的研制费用的确是不敢想象的天文数字。

从这个意义上讲，中国的火箭设计师们是在一种很不平等的条件下与国外同行竞争的，但我们仍然交出了高质量的答卷。

为了攻克四大技术难关，我们呕心沥血，闯过了许多艰难险阻。1993 年 1 月 20 日，在北京西南郊的一个山头上，我们好不容易迎来了 CZ-3A 第三级火箭动力系统试车的时刻，下午 6 时 30 分，已是天寒地冻、北风呼啸的试验场地显得格外的宁静，随着指挥员“九、八、七……”倒计时的口令，参试者那颗颗激烈跳动的心几乎蹦到了嗓子眼，刹那间火箭发动机喷出了橙红色的火焰，一阵震天动地的轰鸣打破了山野的寂静，火箭终于点火了！人们期盼成功时刻的到来。但此刻却出现了故障，火箭排氢管仍在燃烧，那长长的火龙在夜幕中显得格外刺眼，也更令指挥员们焦心。因为他们深知这烈焰的危害：不及时扑灭，装有 60 立方米液氢液氧的火箭随时都有可能爆炸，造成箭毁人亡的惨剧！庆幸的是我们的工程技术人员及时果断地排除了这一重大险情，避免了更大悲剧的产生。已经是两天两夜没有合眼的许多参试人员，又苦熬了一整夜，完成了善后处理工作。面对这一意外失败的结局，我们盯着一大堆显示故障的数据，心里涌动的却是只有自己才知道的难言滋味。我们忘

了疲劳和痛苦，立即投入到分析原因的战斗中。经过48小时的紧张工作，终于找到了试车失败的原因是一台发动机的液氧涡轮泵卡死。针对故障原因，我们又大胆制定了在试验现场更换氧泵再次点火的试车方案。这种方案本身就存在有现场实施条件极差、质量不容易保证等许多问题与风险，但为了争取时间也为了节省经费，我们果断作这种选择，并严密组织精心施工。开创了用一发火箭立在试车台上，一共进行了三次动力系统试车的先例。这一做法节省了数千万元的经费，缩短了约一年的研制周期，这中间蕴含了许多胆略和智慧。

攀登科学技术高峰是异常艰辛的，航天高科技的发展史本身就是一部高风险的历史。CZ-3A系列火箭的研制者们永远不会忘记1996年2月15日这一天，CZ-3A系列火箭的“大哥大”——CZ-3B首飞以惨败告终。在CZ-3B点火前，中国航天界以及世界上关心中国航天的人们，都在翘首期盼CZ-3B能像它的前身CZ-3A那样首战告捷，从向全世界转播的发射实况荧屏上，可以明显感受到这种气氛。然而点火后22秒的结局，使这一美好的期望化成了灰烬。失败给研制者们带来的压力无疑是异常沉重的，但国家的尊严、中国航天的命运激发了我们在逆境中特有的坚韧不拔、负重拼搏、不达目的誓不罢休的精神。经过3个月的日夜苦战，设计师们终于找到了失败的原因。又经过约4个月的艰苦工作，我们提出并且基本完成了44项256条改进措施。苍天不负苦心人，1997年8月20日CZ-3B第二次发射终于取得了圆满成功。直到这时我们才长长嘘了一口气，一年半以来忐忑不安的心绪才暂时得以平静。然而许多人的双鬓已经增添了更多的白发，个别人积劳成疾，甚至得了癌症。这期间CZ-3A系列火箭研制队伍承受了人们难以想象的巨大心理和工作压力。

我们也不会忘记与外国同行交往的许多往事。1992年4月24日，在华盛顿国际通信卫星组织总部，当我们与美国航天界的朋友

们高举酒杯互相庆贺 CZ-3A 系列火箭赢得第一个发射服务合同的那一瞬间,我的心情是那样激动而又冷静。激动是因为外国人对中国长征系列火箭的信任,作为 CZ-3A 系列火箭的总设计师,我当然感到高兴。特别是 CZ-3A 系列火箭当时还只是在研制过程中,并未获成功,外国同行就对我们如此信任,更使人有一种自豪感。冷静是因为我深知这份合同的千钧分量,为了兑现合同,意味着我们在日后的 3 年中必须付出超负荷的劳动,严酷的考验在等待着我们。为了中国航天的荣誉,为了发展中国的航天事业,我们欣然接受了这种挑战。在随后 3 年多的时间里,我们与国际通信卫星组织及美国的卫星公司进行了多次卫星与火箭间的技术协调。双方的专家就相关的技术问题进行了广泛深入的讨论。刚开始时,他们中的一部分人对我们总有点不放心,对 CZ-3B 火箭的某些技术问题往往挑剔。例如:对 CZ-3B 火箭的点火起飞方式,国际通信卫星组织聘请的一些西方国家的资深专家几乎一致提出疑义。他们认为应该采用"系留点火"方式,即让一级发动机的推力全部达到额定值并稳定若干秒后再释放火箭起飞,不赞成 CZ-3B 采用只要一级发动机推力大于火箭自重,火箭就自动起飞的点火发射方式。经过双方激烈争辩,外国朋友最后终于心悦诚服地接受了我们的技术方案。事实证明,这两种方案都是合理的可行的。类似这样的争论发生过多次,随着时间的推移、交往的深入,这些外国朋友终于承认中国的火箭设计师是成熟的,CZ-3A 系列火箭是可以信赖的。

回顾 CZ-3A 系列火箭的发展历程,既有平坦的大道,也有崎岖坎坷的小路,但在上级组织的正确领导和全国有关部门的大力支持下,我们终于走过来了。在已经完成的 8 次发射中,CZ-3A 系列火箭取得了 87.5%的飞行成功率,这个记录尽管不算高,但已经展现了希望。我相信有中国航天人不懈的努力,CZ-3A 系列火箭会以更坚实的步伐迈向 21 世纪,成为新世纪中国名副其实的一

种名牌火箭。

作者系长征三号甲、乙、丙火箭总设计师兼总指挥

长征火箭走向国际市场

张 新 侠

1998 年 3 月 26 日凌晨，随长二丙/SD 火箭将两颗铱星送入预定轨道，长征系列火箭实施了第 50 次发射。在长征火箭 50 次飞行历程中，开拓国际市场是一个极为重要的篇章。

闯出国门　勇拓市场

这是一部以自力更生为主线，在国际大舞台上勇于从零做起的艰难创业史。

1985 年，国家战略重心已向发展经济转移数年，改革开放大潮涌动。从研制弹道式导弹起始，经过 30 年建设发展，有着十几次成功发射通信卫星、返回式卫星等飞行记录的中国航天，能不能作为一个航天大国，活跃在人类和平利用空间的新天地，竞争于世界顶尖高手云集的新市场？中国航天人不乏勇气，抓住了历史的机遇。同年 10 月，中国郑重宣布长征火箭进入国际市场。

那时在外国人眼中，80年代的国际空间商业会议，中国人只能带着耳朵来，对中国提供发射服务的反应是“《羽毛未丰的中国航天技术要参加国际竞争》?!”；国外同行惊异中国能够自行研制运载火箭，甚至不解地询问卫星的整流罩是不是用竹子做的；国家授权专营国际商业卫星发射服务的中国长城工业总公司还摸不准这一市场经营的门道。然而刚刚从封闭中走出来的中国人毕竟带着自己的火箭和外商同坐在一个谈判桌前。在这个胜似战场的商场上，我们经受了洗礼。

开发市场初期。一家美国卫星公司面对陌生的中国商业伙伴，开场白是“谈判要先付谈话费”，“如果让我们帮你们编写标书，请先付美元100万”，疑虑伴随着防范。当我们提交一份几页纸的建议书时，对方只甩出一句：“等你们拿得出一寸厚的建议书时，再来谈。”年轻的商业队伍植根于中国航天技术大军，经过短暂的辛勤努力，我们真的撂下足有一寸厚的建议书，从而签订了第一个卫星订座协议，迈出了第一步。初上谈判桌，10个外商围着两位年届50的中国推销商试探，一连串高难航天技术问题伴之以流畅英文娓娓作答，中国同行的深厚技术功底、丰富从业经历使外商从一个侧面了解了中国航天。

正是在一次次对手较量、机遇扑捉中，长城公司用了两年多时间，初步建立了市场网络，签署了数个合同。用长征三号火箭发射美国休斯公司制造的亚洲一号卫星率先进行。用为发射国内卫星而专门研制的中国火箭去打美国卫星，技术上的不适应、星箭接口上的不匹配，成了巨大的拦路虎。难度最大的是载荷耦合分析。美方提出的分析模式与中方传统的不同，中方遇到了极大困难。然而当计算结果寄到美国以后，休斯的专家发现这与自己的计算数据完全吻合。中美技术协调会上，中方代表尚未发言，休斯专家就站起来：免于讨论，评审通过。1990年4月7日21时30分，成为历史性的时刻：中国长征三号火箭成功地托举起美国休斯公司制造

的亚太一号卫星，首次证实了中国商业发射能力；这次发射的入轨精度刷新了卫星制造商休斯公司生产、出售的32颗同类卫星的入轨精度记录。初出茅庐的中国人用自己的实力，在强手林立的国际商业发射服务市场开始占据一席之地。

商业运作 三大主推火箭诞生

当年刚刚跻身国际市场的航天人清楚地知道，我们推力最大的长征三号火箭只能运载中型卫星，而通信卫星大容量、重型化已趋明显。我们构想在长征二号火箭上捆绑4个助推火箭，从而把低地球轨道有效载荷能力从2.5吨提高到9.2吨。基础是长二丙火箭8次成功飞行和我国战术导弹发动机捆绑技术的成功应用。推销尚在图纸阶段的火箭，在世界上即使不为独创，也是非常罕见。当年阿里安打入国际市场的先决条件是免费飞行两次，而我们拿着火箭图纸就要进入市场。经过艰苦宣讲，周密论证，时值美国休斯公司也在推销其新研制的休斯601型卫星，“纸上谈兵”获得成功，长征火箭承揽的第一宗大买卖——用长二捆发射澳星敲定。

合同规定：18个月后长二捆火箭立在发射架上。国外最强劲的对手坦言大型火箭研制至少3至4年。18个月——从图纸到火箭，从荒草乱石到大型发射工位，无异于天方夜谭。难怪美国“大力神”火箭副总设计师史密斯，考察了西昌卫星中心后，说我们“抽了鸦片，产生了幻觉”。而中国人则是脚踏实地地奋战在以日、以时计算的庞大的系统工程之中。捆绑火箭连接技术，专家采用各种方式观察着力传递途径，一次又一次，然后上机计算。当打印出来的纸张摞起来有1米多高时，合理方案找到了。就这样一个个难关攻克了。全国大力协同，在国家计委组织下，20个省、74个市、300多厂家在1天半内签署了5000多项长二捆供货合同，落实了90%的急需物资。8000项生产任务，几十万道工序，硬是在“善于创造奇

迹的中国人"手中用400多天完成。当18个月到来时,巨大的长二捆火箭和挺拔的发射塔架准时矗立在西昌。发射塔下,先前提到的史密斯先生为"幻觉"、"鸦片"之说向长二捆总师王德臣认错,称看到了奇迹。王沉稳地说:"还没发射,你还要再看看结论。"史说:"不用了!火箭和塔架已证明了你们的能力。中国人说话是可信的。"

长二捆经历了很多磨难,凝聚了很多精神,最关键的是开辟了一条商业运作带动航天技术发展之路。我国推力最大、具有世界先进水平的长三乙型火箭,和具有广阔前景的长二丙/SD型火箭,同样是在利用成熟技术基础上,以"纸上谈兵"的方式,通过商业合同启动了火箭的研制。凭借以往的技术积累,我们拿着火箭图纸谈合同,拿着合同找贷款,拿着贷款搞研制,其结果是研制了新型火箭,拓宽了融资渠道,纳入了市场良性循环。这是非常成功的高科技产品开发之路。在世界和平的主旋律中,在国内卫星需求不足状况下,长征火箭与国际市场对接,在承揽先进卫星过程中,大大促进自身发展,实现了几次历史性的跨越。长征系列火箭当今的主打火箭——长三乙、长二捆、长二丙/SD,都是商业发射的结晶。如果没有国际商业卫星发射服务,今天的中国在与世界顶尖高手的跨世纪竞争中,保住航天大国的地位将凭借什么?

转变观念 直面失利

市场不仅带动了运载火箭技术发展,更重要的是促使航天这一计划经济色彩浓重的科技工业,逐渐从思想观念、管理方式、运行机制上转向市场。最有代表性的例子是中国航天如何面对失败。在长征火箭投入国际市场的1990年到1996年,四种新型火箭相继研制成功并投入使用,失败也相应增多。在我们经过10年努力终于挤进市场,正准备抓住通信卫星大批更新换代机遇,拓展自己7—9%的市场份额时,1996年2月15日,长三乙火箭首飞发射国

际708卫星失利,星箭俱毁。对于首飞,从科学研究的观点是承认风险,允许失败,但市场发出了禁行令,我们失去了5个合同,损害了最为宝贵的商业信誉。外国评论家不无遗憾地指出,最近几次失利,将把中国航天从市场上淘汰出局。

摆脱困境的根本出路是提高质量。一枚运载火箭由几十万零件组合而成。如果全系统各部件全部串联组成,而每个零件的可靠性为99.9999%,即差错率仅为百万分之一,则火箭整体的可靠性只有37%;若要使火箭的可靠性达到99.9999%,就得达到抽验100亿个零件,不可靠的不得多于1个。严苛的近乎荒唐,航天人则习以为常。在质量问题不归零,市场份额将归零的压力下,航天人真正把质量当作了生命。颁布、实施了一系列管理规定,特别是执行"定位准确、机理清楚、问题复现、措施生效、举一反三"的质量问题归零五条标准,采取了严苛的质量控制措施。与此同时,我们增加透明度改进服务,按国际惯例处理失利。聘请美、英、法、德国际宇航专家进行独立的故障调查;走出去向国际用户、保险界宣讲中国专家的调查结论。当我们的故障分析结束时,国际保险商用掌声表达了对中国航天的理解与信任。按照市场要求,切实加强管理、提高火箭可靠性,从而获得连续8次成功的中国航天,经历了市场风雨,显得更加成熟。

市场带动 全面发展

12年的发射服务,带来的变化表现在各个方面。与航天相联的电子、通信、化工有关方面,都有了长足发展。实施对外发射之初,西昌这个大凉山区彝族贫困城镇,地少人稀,当时为了迎接首批外宾,市长亲自动员全城大搞卫生。而今西昌已成为闻名遐迩的新兴航天城,仅仅航天旅游就吸引了国内外大批游客。

今天,我们驻足回首,深感市场机制对航天发展的牵动之巨

大，决不能仅以8年来实施了15次卫星发射和5次搭载，占航天28年50次发射的相当比重来评价，也大大超越了航天人步入市场的初衷。拓展国际市场12年的历史，告诉我们中国人有能力自立于强手如林的国际商业卫星发射服务市场；说明市场机制正在带动我国航天科技工业迅速发展；预示从单纯科研型向市场导向型转变的中国航天，必将焕发出巨大的科技生产力，加速推进具有世界先进水平的中国运载火箭技术商业化，成为实施"科技兴国"战略的重要科技产业。

挑战 机遇 展望

连续8次成功的中国航天毫不轻松。这源于市场的无情、对手的强大和科技的飞速发展。

目前国际同行们对中国航天的成功是祝贺加观望，我们只能用更多优良飞行记录去冲击市场之门。当今世界，美、欧等强大老对手之间的市场争夺如火如荼。俄、乌、日新伙伴也竞相加入。发射地球同步轨道重型卫星的火箭已有8种之多。火箭应用这一昔日少数军事大国独自垄断的领地，如今的一个趋向是强强合作、全球资源优化配置。美国波音公司、乌克兰天顶号，加上挪威海上平台组合而成的海上发射项目就是一例，今年首飞，引人注目。另外，跨越世纪之门的航天技术革命接踵而至。美国飞机机载发射火箭、可重复使用火箭项目进展良好，已参与市场角逐。一旦投入应用，发射成本将大大降低。以国力、财力、技术实力为背景的国际顶尖高手之间的角逐异常激烈。

提供严峻挑战的国际市场，同时也给予人们巨大的商业机会。除了日益发展的地球同步轨道通信卫星外，信息爆炸引发微软、摩托罗拉等公司纷纷从地面攀升上太空，中低轨道卫星网络市场广阔。从现在到2006年的10年间，大约有236颗地球同步轨道、730

多颗中低轨道卫星需要发射。

在国际市场上，商业机会还没有变成现实，我们依然回归到10年前闯出国门时的命题：是挤进来还是被挤出去？

尽管如此，我们对未来还是充满信心。首先，我们拥有相当实力。不仅长三乙火箭可以满足目前的地球同步转移轨道卫星市场需求，我们还在新兴的中低地球轨道上拥有一定技术优势，长二丙/SD、长二捆、长四乙等多种火箭可供选择。特别是长二丙型火箭从1975年以来已连续17次成功，其改进型已两次成功实施一箭双星的铱星发射。同时，我们追踪通信卫星重型化趋向，打算改进长征家族中推力最大的长三乙火箭，进一步提高其地球同步轨道运载能力。

其次，我们将逐渐全方位适应市场，提高国际商业卫星发射服务的商业运作水平。提高火箭可靠性、降低成本、缩短生产周期、增强适应能力、保证发射期、跟踪市场需求、研制新型火箭、大力开发市场、改善发射服务，并从管理、运行机制上进一步变革。

在我们迎来长征火箭50次发射的时候，俄国的联盟号已历经1600次发射，阿里安、德尔它、阿特拉斯发射次数也论百来数。

跨越世纪，摆在中国航天面前的只能是面对挑战开始新的长征。

作者系中国长城工业总公司总裁　耿昆执笔

中国运载火箭发射服务走向世界的回顾

岳祝桢　陈寿椿

1992年8月14日是中国航天史上一个激动人心的日子。中国研制的长征二号捆绑式大型运载火箭从西昌卫星发射中心升空，将美国休斯通信公司制造的重达7.6吨的澳大利亚通信卫星澳星B_1送入了预定轨道。这次发射成功，标志着中国运载火箭的发射服务进入了国际市场，继美、法之后成为世界上第三个有能力承揽商业卫星发射的国家。

卫星发射服务属于高科技、高风险产业。世界上只有少数国家拥有这种技术。美国人在洲际导弹的基础上发展了大型运载火箭和航天飞机，80年代初处于独家垄断地位，其运载能力大，但价格昂贵。

以法国为首的欧洲空间局后来居上，他们凭着十多个国家的经济和技术实力开发了专门用于商业发射的阿里安运载火箭系列，1979年开始试验发射第一颗商用卫星，运载能力逐年增加，价格便宜，花了五年时间，开始进入市场，

打破了美国的独家垄断，并从中夺走了50%的市场份额，成为迄今为止世界上最大的商业卫星发射公司。俄罗斯火箭技术十分先进，但进入商业卫星发射市场却比我国晚。

同上述国家相比，我国投资少，原有火箭的运载能力较小，在改革开放政策的鼓舞下，中国以优异的发射记录，打开了国际商用卫星发射市场的大门。从1985年起开拓国际市场，1990年4月7日首次用长征三号运载火箭成功地发射了第一颗国际商用通信卫星，即亚洲卫星一号。

长征二号捆绑火箭是针对90年代国际市场的需求专门研制的商用火箭。它的成功不仅体现了中国火箭技术上的进步，而且具有国际商业市场上的竞争价值。它标志着中国已拥有发射90年代大型通信卫星的能力，使中国的发射服务在世界市场上具有初步的竞争实力。

回顾这十多年暂短的历史，我们深深地感到，中国运载火箭进入国际市场走过了一条艰难发展的道路。每前进一步都遇到风风雨雨。可以说，中国运载火箭是在美、法两国垄断国际市场的情况下，抓住了有利时机，冒着极大的商业风险，凭借自己拥有的技术资源和微薄的投资，在党和政府的正确领导下，通过航天人的奋力拼搏，在激烈的竞争中挤入国际市场的。笔者作为中国长城工业公司的经营人员，有机会参加了发射服务市场开拓的全过程，现撰写此文，将亲身经历及感受告知国内外关心和热爱中国航天事业的志士仁人，以此纪念新中国建国50周年。

一、迈出国门

1984年4月我国顺利地完成了卫星通信工程的第二次发射。当时我国已拥有长征三号运载火箭，其同步转移轨道的运载能力已达1.4吨，可以发射诸如HS376、RCA-3000型的国际商用通信

卫星。那时我国已有成功发射10次卫星的良好记录，拥有长征一号、长征二号丙、长征三号运载火箭及相应的配套发射设施，初步具备发射国际商用卫星的能力。加上我国持续五年的对外开放政策，向外国用户提供发射服务的思想、政策和条件基本成熟，一个对外开放的建议在当时的形势和环境下很快被各级领导所接受，并得到支持和批准。在这个背景下，航天部成立了由乌可力、陈寿椿等同志组成的国际市场开拓十人小组，开始进行早期的市场调查。

1985年6月，根据部领导“先走出去，了解实际情况后，再确定方针”的指示，以陈寿椿为团长、屠守锷为顾问的中国航天工业代表团在日内瓦国际空间会议上，作了题为《中国为世界提供发射服务的可能性》的发言。会议期间首次播放了中国运载火箭研制、发射的录像片，引起了与会各国代表的强烈反响。后来经过对巴基斯坦、美国、巴西、瑞典、荷兰等国的市场调查，认为我国进入国际发射服务市场是可能的。而且这一市场不是在发展中国家，而是在美国为主的西方强国，要直接与美国以及法国为首的欧空局进行公开竞争。

1985年10月，航天部正式向世界宣布对外开放，承揽卫星发射业务。1986年夏将这一任务交中国长城工业公司办理，从而拉开了中国航天走向世界的序幕。

从迈出国门开始，到与国际商业发射服务接轨，其间有一段艰难的路程。首先遇到的是两个基础性问题：一是要在内部调整好一套适合于国际市场运作的对外开放准则，改变30年来所遵循的军工产品保密规则、制度，制订指导市场实践的商务方针、政策。二是我们需要一整套适应国际商务规范的知识和技能。我们这班人都缺乏这种必要的知识和技能。例如，我们向休斯公司提供的第一份建议书，被认为不可接受而退了回来。他们还为此而撤销了原定的访华计划，声称长城公司建议书至少要一英寸厚才

能被接受。为此我们找来了有关商业发射服务的参考资料，请国内著名律师提供咨询服务，但国内律师基本上无法与国外航天商务合同的法律规范接轨。我们花了不少时间才懂得，要实施发射服务必须使国际上航天界、保险界、金融界和潜在用户理解和接受中国的商业发射能力，也还必须拥有政府级的国际公约及协议。这一切的国际商务概念，都从零开始，从头做起。在后来的实践中逐渐地摸索、学习，逐个掌握，形成了现在这样一支适应世界高科技产业的开拓市场队伍。

二、第一份商务协议

中国航天技术的飞速发展早已引起了世界的注目。首先表示出兴趣的是瑞典人。中瑞两国航天技术人员在1985年6月的日内瓦国际空间会议上已有接触，瑞方表示了用中国火箭发射“瑞典邮政星”的意向，后来我们便向瑞典空间公司发出了中国的第一份技术建议书。

1986年1月，航天部组织的一个小组，访问了瑞典空间公司，签署了用长征二号丙运载火箭搭载发射“瑞典邮政星”(后来改称“弗利亚”卫星)的发射订座协议。这是进入国际市场的第一个订座协议。在那里我们结识一位瑞典工程师——斯万·格朗先生，第一次看到了这位外国工程师对中国航天技术的钟情。当他得知岳祝祯曾是长征一号运载火箭总体设计工程师的时候，便滔滔不绝地谈起了他对中国航天技术的称赞，并拿出一盘珍藏已久的录音带。那是1970年4月他用自制的无线接收机从太空收录下来的《东方红》乐曲。当时我们很激动，没有想到在我国长征一号火箭发射第一颗卫星15年之后在异国他乡又一次听到了那清脆悦耳的《东方红》，也没有想到中国航天技术居然对外国人有这么大的影响和吸引力。格朗先生还告诉我们，他把历次长征二号丙发射返回式卫星

的轨道参数全部测了下来。他认为中国的火箭发射时间准确，轨道精度高，可靠性达百分之百。瑞典卫星于1992年10月6日以搭载方式用长征二号丙火箭发射成功。这是中国在欧洲市场上的突破，在长征火箭走向世界的过程中起了重要作用。

三、亚洲卫星一号发射成功
——获得国际用户的认可

在我国发射亚洲卫星一号之前，国际上只承认中国有发射卫星的能力，但对中国是否达到发射国际商用卫星的水平一直是持观望怀疑的态度。所以亚洲卫星一号的成功发射，具有重大意义。

1986年4月，即在航天飞机挑战者失事后不久，长城公司多次派开发小组赴美磋商洽谈，争取用户。我们当时通过对从各种渠道得来的大量信息的分析，得出了如下结论：

1. 长征三号火箭市场不大。由航天飞机遗留下来的24颗卫星，有13颗的重量超出了长征三号的运载能力，我们最多能争取到10—12颗。2. 通信卫星正处在更新换代阶段。像HS-376、RCA-3000类型的卫星(24个转发器，重1.2—1.4吨)将逐渐被大容量、多功能、长寿命的HS-601和RCA-5000(48—50个转发器，重3吨)一类的卫星所取代。从1989年开始，这类卫星将在国际市场上占主导地位。3. 当时放在地上仓库里待发射的有3颗通信卫星，一个是西星6S，另两个是由航天飞机发射失败后被抓回的(其中一个是帕拉帕B2，另一个是西星6号)。这3颗均适合长征三号火箭发射。从它们当中争取到1—2颗由中国发射是完全可能的。这是中国进入市场的一个突破口。4. 中国要想进入市场，并占有一席之地，必须研制大运载能力的火箭——长征二号捆绑火箭，以迎接90年代的挑战。

根据上述情况，我们选择手中最强的长征三号火箭，全力以赴

去跟踪西星 6S 和西星 6 号卫星，务求在长征三号火箭上取得突破。

西星 6S 原本是美国西联公司的卫星，由于缺乏资金，一直放在仓库里，仅保管费每年要上百万美元。在香港的英国大东电报局、和记黄埔和中信公司筹措资金，组成了亚洲卫星有限公司。西星 6 号经过返修，最终变成了亚洲卫星一号。又经过几轮的谈判和考察，终于在 1989 年完成合同签署，1990 年 4 月 7 日发射成功，成为中国进入国际市场发射的第一颗外国通信卫星。第二天世界各大报纸纷纷报道，说“这次发射意味着中国以其经过考验的运载火箭进入盈利丰厚的国际卫星发射市场，与美国人和欧洲人竞争的努力，取得了突破”，“这标志着这个国家进入了国际航天市场”。

四、长二捆发射澳星使中国在 90 年代发射市场上占有一席之地

(1)历史的机遇——研制长二捆的历史背景

从 1985 年到 1986 年，我们在美国进行过多次市场调查，访问过 20 多家卫星公司和潜在用户，准确地预测了 90 年代的通信卫星将有三大特点，即大容量、多功能、长寿命。而长征三号将不可能发射这种重约 2.5 吨—3 吨的卫星，必须研制像长二捆这样的大型运载火箭，以占有 90 年代的部分国际市场。1986 年 1 月 28 日，美国航天飞机挑战者号发射失败。我们在荷兰访问的一个小组从旅馆的电视上看到了这航天史上悲惨的一幕。黄作义从床上一下站了起来，大声喊道：快来看呀！航天飞机出事了！我们都惊呆了。在感叹之余，便议论起来，我们应该认真地考虑一下，我们应该做些什么。回国以后，在黄作义的脑海里便产生了一个想法：如果能研制一个相当于航天飞机三分之一运载能力的火箭，就可补充航天飞机失事后的发射市场。于是，长二捆蓝图的构思就萌生出来

了。

1986年5月31日，阿里安火箭发射失败，美国一些库存多年的一次性使用的运载火箭如大力神、宇宙神—半人马座和德尔它，也相继空中爆炸失败。一时间，世界上几乎所有的卫星厂家和用户都急得懵头转向，不知所措。天上运行的卫星寿命将尽，地上准备好的卫星排成长队等待发射。美国里根政府宣布航天飞机退出商业发射，而阿里安火箭恢复发射的日期尚不能确定。1986年被国际航天界称为航天灾难年。中国在这种历史背景下出现在国际市场上，真是天赐良机。

面对这样的形势，中国长城工业公司应邀出席了于1986年11月在美国华盛顿召开的国际空间运输会议。这次会云集了世界主要火箭、卫星制造厂家和用户。黄作义和岳祝祯出席了这次会议并作了《关于中国长征运载火箭系列用于商业卫星发射服务发展规划》的报告，比较系统地阐述了长征二号、三号、正在构思中的长二捆以及长二捆加氢氧上面级（即现在的长三乙）火箭的技术性能和投入商业使用的计划安排。其中最引人注目的便是适应市场需求的构思之中的长二捆。长二捆火箭是在已成功发射11次的长征二号丙火箭作为芯级的基础上研制的，所以技术上继承性好，可靠性高，运载能力正适应新一代通信卫星的要求。因此，长征系列火箭投入市场具有相当强的竞争力。

（2）对市场作进一步调查

1987年是世界航天市场最活跃的一年。长城公司赴美商务代表团对下一代卫星发射服务市场作了专门复查性质的市场调查。

通过对调查结果的分析，我们认为：

1. 在航天飞机停止商业发射后，美国一次性使用火箭在短期内不能提供商业发射，阿里安订座已经饱和，3年之内不可能接受新的订单。我运载火箭进入市场正是千载难逢的良机。2. 机会不是无限的，大约只有两年时间。两年之后，美国新一代消耗性火箭

将要进入市场,阿里安的生产能力将会扩大,苏联(俄罗斯)也会挤进来。5年之后,日本H-2火箭也将以竞争的姿态进入市场,我们将面临严峻的挑战。3. 长二捆火箭的设想在美国卫星厂家和用户中得到了热烈的反应和好评,他们希望我们加速长二捆的研制。4. 长二捆火箭必须抢在日本H-2火箭之前进入市场,否则就不会有吸引力。也就是说,长二捆火箭必须赶上1989年中开始的下一代通信卫星的发射高潮才会大有作为。5. 用2—3年的时间研制出长二捆是可能的。因为长二捆是在长征二号丙的基础上加捆绑助推器而成的,基本硬件和软件包括助推器都是从现成的和经过考验的成熟火箭中优选出来的。所以我们应该抓住时机,速做决定,加速研制大型长二捆运载火箭,以迎接90年代商用发射市场上的挑战,不仅是进入,而且要在市场上占有一席之地。

(3)正确的决策

在调查研究的基础上,一个重大决策便开始酝酿。1986年底,长城公司、万源公司和中国卫星发射测控系统部联名起草了题为《建议加速发展长二加助推运载火箭(长二捆运载火箭)》的汇报提纲。1987年1月航天部领导作了加强市场开发的决定,并得到了科工委、国务院各级领导的批准,正式明确宣布研制长二捆火箭,对外提供技术建议书。紧接着便出现了推销长二捆火箭的高潮。到1987年底,我们已同美国、加拿大、日本、欧洲通信卫星组织、国际海事卫星组织、澳大利亚等17家卫星公司和国际组织取得不同程度的联系,共涉及54颗卫星。其中澳大利亚卫星的招标,最具有吸引力。有趣的是招标中有一条明确的要求:卫星厂家的投标书中必须包括长二捆运载火箭,否则不予受理。1988年11月1日签署了发射合同。在经过了1年多的市场开发之后,长二捆获得了第一份两颗90年代大型卫星的发射服务合同。

形势很好,但仍潜伏着巨大的风险。合同规定,长二捆必须在1990年6月30日之前进行一次成功的试验飞行,否则,用户有权

终止合同，选择别的运载火箭。这就意味着，长二捆必须从1988年11月1日算起的20个月内研制出来，并发射成功。这是一个多么紧迫的计划！在外国人面前，我们讲的头头是道，信心十足。外国人起初感到很惊讶，后来一想也许中国人能创造奇迹，但终究有疑虑。因此，就在合同中加了这一先决条件的条款。这时的长二捆火箭还处在设计阶段，即还在图纸上，所需的研制经费尚未到位，重点项目的基本建设尚未动工，原材料、元器件尚未订货等等，许多条件尚不具备，20个月的时间，拿下长二捆这样一个空前规模的高科技项目谈何容易？

(4)排除干扰，奋力拼搏，创造奇迹

一声令下，奋战长二捆的战斗打响了。中国航天人在全国各部门大力支持和协同下，以饱满的政治热情、科学的态度和无私奉献的精神，投入了长二捆的研制。1989年3月16日，美国政府承诺发放澳星出口许可证，批准进行星箭技术协调。3月27日，合同双方在美国洛杉矶举行了第一次技术协调会，看来似乎一切都进展顺利。然而就在6月4日，美国单方面无理地宣布从6月5日起暂停休斯公司卫星出口许可证项下的技术协调工作。因此，技术协调中断，长二捆研制工作受到影响。然而这些干扰并没有动摇中国人研制长二捆的决心。李鹏总理在一次会议上指出："在国家经济比较困难的情况下，我们的长征二号捆绑式火箭还是要搞的，不管他们如何制裁，反正这件事情是要办的，下决心要办。"由于我国政府在政治、经济和外交上采取了针锋相对的反制裁斗争，迫使美国政府于1989年9月29日解除亚星和澳星许可证暂停令，恢复了技术协调。

1992年3月22日，长征二号捆绑火箭发射澳星B1。不料火箭的一级发动机点火后，自动关机，发射中止。全国几亿电视观众目睹了这一实况转播，在民族感情上接受不了这一事实，反应强烈，尖锐的批评，刻薄的指责，通过信件、电报、传真、电话各种渠道铺

天盖地而来。我们在精神上受到了极大的压力。毕竟航天人是久经考验的,变压力为动力,积极投入到故障的分析工作中去。经专家们分析,故障是由于发动机点火控制电路中一个点火触点电流过大,高温热流熔化了点火触点旁边的多余物铝屑而造成的。按合同规定,这次发射可以被定义为"发射完全失败"。但是这样的"失败"在世界航天史上还未找到先例,它使卫星完好无损,而且最大限度地保护了发射设施和火箭本身不被破坏。休斯公司的专家们说,如果说这是"失败",可算是一个理想的"失败"。B1 事故在合同商务条款中如何解释是世界上无案可循的新鲜事情。如果按"点火"定义,则发射已经完成,长城公司已履行商业责任。但是卫星未能入轨,当然可宣布"失败",保险公司应承担发射失败的全部赔偿责任。然而"失败"的结果是,卫星、发射场仍完好无损,火箭仍竖立在发射台上,视为失败而无损失,也很荒唐。于是,双方律师,三缄其口,不敢轻易发言。双方经过反复磋商,征得保险公司同意,把这次事故定义为"发射终止"。中途停止发射,火箭修复后继续发射,在国际上不计入"失败"记录。

1992 年 8 月 14 日 7 时,第一颗澳星 B1 发射圆满成功。这次发射成功,在国内外舆论界引起了空前强烈的反响。在国内,受到了党中央、国务院和中央军委的表扬和鼓励。壮了国威,振奋了民心。全国各地的贺电、贺信雪片似地飞来。不少企业向发射澳星的英雄们颁发重奖。国外航天界的报刊杂志报道了很多赞美的文章,称中国空间计划在腾飞,中国进入了发射服务市场。

五、完善长二捆,研制长三乙,进一步扩大市场

(1)研制固体上面级,完善长二捆

随着长二捆的试验和澳星 B1 的发射成功,世界上越来越多

的卫星厂家和用户对长二捆产生了兴趣。在这段时间里，长城公司曾向加拿大、西班牙、土耳其、墨西哥、美国电报电话公司、日本JCSAT卫星公司等进行了投标。结果都失败了，其主要原因是长二捆失去了合适的上面级配套。第一，发射澳星时，是休斯公司配备的上面级，上面级的固体发动机是美国Thiokol公司制造的，但其他公司制造的卫星并没有配备这种上面级。用户如果采购长二捆还必须向第二家公司采购上面级，并承担卫星——上面级——火箭协调的责任和风险。在这种情况下，用户宁愿多花钱，要求一家公司承担全部发射任务。第二，长城和麦道公司签署的由麦道提供上面级双方共同开发市场的协议书，在申请续签时被美国政府否决了，即不批准麦道公司继续同长城公司进行这样的合作。第三，即便外国卫星制造商愿意提供上面级，其价格也相当昂贵，使长二捆投标失去竞争力。

面临这种情况，长城公司提出了研制自己的固体上面级的建议。当时认为，我国的固体火箭技术已相当完善，完全可以在短期内拿出两种发动机，与长二捆和长二丙配套使用，投资方向正确，风险不大。因此，研制自己的上面级不仅是必须的，而且也是可行的。

经过市场调查分析，长城公司和内蒙河西公司提出了关于集资研制固体上面级的建议。这一建议得到航空航天部领导的支持和批准，并于1992年开始实施。这一方案，由于结构简单，可靠性高，而受到用户的青睐。亚洲卫星有限公司和美国艾科斯达卫星公司，在上面级处于研制初始阶段就先后同长城公司签署了三颗卫星的发射服务合同。长城公司于1995年分别为每个用户成功地各发射了一颗卫星。

(2)研制长三乙大型运载火箭

长三乙实际是选用高性能的上面级的大型运载火箭。这一方案由于采用氢氧上面级发动机，使火箭同步转移轨道运载能力达

到 4.5 吨,超过了长二捆的运载能力,赶上了当今世界上最大的运载火箭阿里安Ⅳ号的水平,可发射当今最大的商用通信卫星。这一火箭在研制阶段获得了国际通信卫星组织三个卫星的发射合同。

(3)进入一箭多星,联合组网小型通信卫星发射市场

90 年代通信卫星的进一步发展,出现了全球组网的移动卫星通信系统,相继出现铱星系统、全球星系统、海事卫星系统等。以我国现有火箭为基础是可以承担这些系统发射任务的。经过国际上公开的投标竞争和谈判,我们已赢得铱星系统和全球星系统的部分发射服务合同。

在铱星系统 66 颗组网卫星及相应的替换卫星中,我们拥有 22 颗卫星的 11 次发射合同,用改进后的长二丙发射一箭双星。承担铱星系统发射的还有质子号和德尔它火箭。俄罗斯质子号一箭 7 星,德尔它火箭一箭 5 星。对于这种卫星组网发射,俄罗斯和美国都很有实践经验,无异对我们是一个挑战。截止到 1998 年 5 月 2 日为止,中国已成功地按计划进行了三次发射将 6 颗铱星送入了预定轨道,用户对火箭技术和入轨精度均感到满意。

六、发扬成绩,百折不挠,迎接新的挑战

经过十多年的艰苦努力,我们的发射服务从无到有,一步一步地发展起来了。时间上和法国人相似,我们也用了 5 年时间进入了国际市场,又用了 5 年时间在国际市场上占有了一席之地,和外国同行相比,我们没有投入大量资金,只是用中国人的技术和智慧,在有限的活动空间里发挥自己的特长,做了外国人在同样条件下难以做到的事情,形成了一个多品种、多功能的发射服务体系。获得了国际航天、金融、保险等各界的承认,初步具备了商业卫星发射服务的能力。目前在国际市场上,继美、法之后,居第三位。

但是,应当看到,我们还面临着严峻的挑战。在中国之后,俄罗

斯、乌克兰、日本已相继赶了上来。质子号已成功地发射了一颗休斯公司研制的欧洲 ASTRA 通信卫星，已拥有两位数字的发射卫星的合同。俄罗斯技术实力雄厚，经验丰富，而且与美国合资建立“国际发射公司”，很有利于大规模占有国际市场，对我们来说是一个强大的竞争对手。日本的 H-2 火箭发展很快，已有 3 次成功的纪录，并声称已经站在了商业发射市场入口处。印度也成功地发射了一个小型通信卫星。1995 年摩托罗拉公司已对其发射能力进行了评审，是小型卫星发射市场的一个竞争者。与此同时，美国和法国的火箭也在不断发展和完善。在这样严峻的形势面前，我们航天人，绝不能示弱，更不甘落后，我们一定要脚踏实地，兢兢业业，做好工作，不怕挫折，不怕失败，以百折不挠的大无畏精神，继续拼搏，去迎接新的挑战。让中国的航天事业继续腾飞，为人类和平空间作出更大的贡献。

作者岳祝禎系长城公司宇航部原副总经理、研究员；
陈寿椿系长城公司原副总经理、研究员

长二捆与发射澳星

刘 竹 生

航天事业从它的诞生之日起，就伴随着巨大的风险：卫星不能进入预定轨道、卫星不能正常发挥功能、发射失败等所导致的财产损失和严重后果，让从事这个行业的人要有多于常人数倍的坚韧和勇气，要有极强的心理承受能力。

1992 年是中国航天年。在世界各国不断加强的空间活动中,中国的航天活动尤其引人注目。在这一年里,风险会降临在中国航天人身上吗?

年初,中国政府对外宣布:今年我国将有 3 次重大的外星发射任务。这是中国自 1990 年进入国际商业发射服务市场以来至为关键的一年,空间技术合作充满了竞争,充满了风险,我们羽翼渐丰的航天队伍从一开始就踏上了荆棘丛生的合作历程。

一

中国航天技术开拓国际市场的设想始于1984年。这个设想得到了聂荣臻、张爱萍、宋健以及国防科工委、航天部等一些领导同志的支持。当时的航天部副部长刘纪原负责组织成立了开发国际市场10人小组。1985年6月，中国航天技术在巴黎首次崭露风采。同年10月，中国正式对外宣布承揽国际发射业务。

当中国用长征三号火箭发射"亚星"进入国际市场后，面对世界上卫星不断增加重量的发展变化感到有些力不从心。运载火箭是很复杂的高技术产品，投资大，风险大，何况我国还是个发展中国家。因此要研制运载火箭，继续获得市场，只能走自己的路。首先，为减小风险，在技术途径上要遵循继承与发展相结合的方针，必须尽快利用我国成熟的火箭技术开发出新一代大推力火箭。

研制这种火箭的捷径，是在成熟的长征二号丙火箭上运用捆绑技术，增加推力。实际上，这一方案的论证和预研工作当时已经开展。但是要列入型号计划，因受到计划体制下的技术力量分配、资金、应用可能性等诸多因素的限制，还需要一个过程。在没有市场合同的情况下，进行巨大的风险投入，人们的意见还不统一。而对求稳心理重的人来说，这种风险不仅是经济的，而且是政治的。所以可以这样说，研制长征二号E火箭，政治风险和经济风险都是巨大的。

1988年，中国有关方面和世界上从事卫星制造的最大企业——美国休斯公司签定了合同书。合同的内容是1991年和1992年，中国用长征二号捆绑式运载火箭把休斯公司为澳大利亚制造的两颗卫星送入太空。合同规定，在1990年6月30日之前，中方必须把火箭竖立在发射架上 。这同时也意味着，我们必须在18个月内完成这个新型号火箭的研制生产。合同的条件是近乎苛

刻的，火箭必须在1990年预定的时间内完成试飞，如果试飞失败，合同失效，同时必须支付高额罚款。

在合同签署后的一年半时间内，必须有一次性能正常的发射，这意味着要在短短的时间内研制出长征二号E火箭、建造好发射工位并完成试验性发射。面对这一要求，在西方空间技术的一批有经验的专家中，几乎没有人相信中国能如期办到。就在大约距发射前七八个月时间，他们还认为发射工作至少要推迟1年半时间。因此，“欧盟”的阿里安公司已于1990年3月准备了一份发射“澳星”的合同。他们断定中国的发射合同将在1990年6月因失去履约能力而告终，于是，阿里安公司便可以取代中国而获得“澳星”发射合同。

在我国，一个新型号火箭，从研制到定型一般需要4到5年时间。而现在只有18个月，这不仅在我国，就是在世界航天史上也是没有先例的。18个月要研制一枚大型的火箭而且必须作到首飞成功，这是一项风险极大的中美航天技术合作，也是中国航天史上第一次用市场商业活动直接推动型号的立项和技术的发展。

长征二号E火箭整流罩上的三面鲜艳的国旗，是中、美、澳三国航天界合作的标志，也是共担风险的标志。这是新的星箭结合的发射，这种大胆的国际合作在世界航天领域大概是第一次。据说阿里安火箭开始进入商务发射之前，头两发是免费服务，打成了算试验成功，打不成也不赔偿。而我们刚一进入商务领域，就和休斯公司一起承担了经济上的风险，世界保险界对这种纸上谈兵式的合作充满怀疑，不愿贸然收保。尽管中国优惠的价格给用户带来实惠而具有竞争优势，但现实是，中国的长征二号E火箭还只是设计方案，用于修建发射塔的西昌二号工位还是荒草乱石。没有产品，质量和性能更是无从谈起。

但是，非常的毅力完成非常的创造，事实是从合同签定到首发试飞成功，长征二号E火箭研制、设计，靶场设备的全部设计、生

产、施工，全部仅仅用了一年半的时间。

二

1988年12月14日，运载火箭技术研究院开始研制用于发射澳星的新一代大推力长征二号E火箭。这时，距离合同规定的首次发射试验时间仅仅18个月。

摆在长征二号E火箭研制者面前的，是一张按常规不能接受的时间表。它要求设计部门在100天内解决火箭结构动力学耦合分析、捆绑连接、助推器分离等20项技术难题，完成全箭24套44万多张设计图纸；要在400天里设计生产出5000多套特殊工装，生产出几十个部段和十几万个零件；要在180天内做完火箭仿真、分系统、综合匹配试验和助推器捆绑分离、全箭振动、整流罩分离等大小300多项地面试验。完成这些内容，按常规需要4到5年的时间，就是在物质、技术条件非常优厚的美国，至少也要两年半时间，何况我国还是一个经济、技术比较落后的发展中国家，其面临的困难和风险是不言而喻的。

但是，18个月后，奇迹真的出现了。长征二号E火箭屹立在了发射塔架上。而且，1990年7月16日，首次发射获得成功。

长征二号E火箭的首飞成功，既验证了火箭设计方案的正确，也验证了火箭生产质量的可靠。

三

然而，1992年3月22日，长征二号E第二发火箭发射时，火箭已经点火，发动机喷出棕黄色的火焰后，火箭却没有升天。经检查，火箭在点火后，按顺时针方向转动了1.5度，用来支持火箭的四个支承块，在火箭喷火的巨大推力的振动下，有三个错了位，距

支承盘边缘只有几毫米。若再错位，那么50米高装满推进剂的火箭就会横着倒下，那时，发射架及周围的一切将不复存在了。

3月30日，满载着受过烈焰烧灼的长征二号E火箭的专列，从西昌运回北京。顶着沉重的压力，我们立即投入到故障分析的工作中。技术人员一下火车就直奔研究室和车间，分析故障的原因，研究下一发火箭的改进方案。3月27日到4月14日的18个日日夜夜里，12所在兄弟单位和生产厂家的密切配合下，终于查清了故障原因，并通过了专家的审定。

4月14日，故障分析审查委员会得出了结论：这次长征二号E火箭发射未能成功的原因是助推器发动机点火后，一、二级助推器发动机氧化剂副系统断流阀门电爆管误爆，使一、二级助推器发动机关机。电爆管误爆是由于点火控制电路中程序配电器内的工作电流较大的火药启动器控制接点上有铝质多余物。由于铝质多余物的存在，使接点闭合后接触不良，产生高温引起爆燃，形成银离子流，导通了相邻氧化剂副系统断流活门控制接点而使该电爆管误报。

这是个极小概率的事件。

设计师系统认为，火箭飞行600多秒，程序配电器是控制飞行指令的关键性仪器，必须高标准，严要求，我们毅然决定完善程序配电器的设计，以提高其杜绝多余物的工艺性和减少相互影响的危害性。

与此同时，技术人员完成了对全部设计图纸的复查审定工作，总设计师系统还决定增加雨季防水等保证火箭可靠性的改进设计。所有这一切，都是为了从设计这个源头上把住火箭的质量关。

“3.22”不仅给我们造成了巨大的精神压力，也给我们原本超负荷的研制生产任务雪上加霜。同时，经济风险也降临在从事研制生产的人们身上。长征二号E火箭的研制贷款使每个航天人身上分担着几万元的债务。国家下拨的科研事业费仅占院年度费用的

40%，而包含着航天人工资、房子、所有福利的60%的资金，要靠我们这支以中年人为骨干的队伍自己去挣。

我们从心底发出的声音，就是我们不能再输了，如果再输，我们就会被人家挤出国际商业卫星发射市场。

只用了短短的100天，也就是说比原计划提前了50天，6月30日，一枚新的长征二号E火箭和试验队的专列又一次出发了。

1992年8月14日，长征二号E火箭发射澳星获得圆满成功。当卫星入轨的消息传到控制中心的时候，中、美、澳三国人员鼓掌并高兴地举起手来击掌庆贺。

美联社在报道总部设在悉尼的奥普图斯公司的反应时写到，这颗卫星的拥有者、奥赛特公司总裁鲍勃·曼斯菲尔德说："就我而论，这简直是个奇迹。"他说，发射冒了最大的风险，我现在感到格外的轻松和自豪。

有人会问，如果失败，后果将是怎样的呢？答案是，奥赛特公司可能破产，休斯公司的市场将会萎缩，我们运载火箭技术研究院将信誉受损并债台高筑，数家小保险公司将因此倒闭。这就是航天高技术商务合作面临的巨大风险，这就是市场的规律。

我们从激动的美国人身上看出了入轨精度给他们带来的好处。新的星箭结合首次发射成功，对合作的三方都具有重要的意义。对我们来说，这是打开进入国际市场大门的关键性的一步，它表明了我们的技术实力，也为我国航天技术的发展奠定了新的基础。

澳星从发射失利走向成功，验证了航天高技术领域合作的高风险性，同时也体现了休斯公司和奥赛特公司的远见和勇气。

航天技术在国家政治、经济中的战略地位，它所产生的巨大的社会和经济效益，它对相关的科学、技术、工艺发展的牵动作用，今天已经被人们所了解。但是，从事航天事业的我们在一个物质、技

术基础相对薄弱的条件下自力更生所走过的历程，以及走向市场所承担的巨大风险，只有我们自己心里明白。

航天人只是刚刚进入国际市场，风险的合作仅仅刚开始。航天人将继续向新的风险合作领域前进。

成功，对于步履艰难的我国航天高技术来说是最珍贵的。但是，成功地踏上国际航天技术市场的征途，却处处布满风险。我们相信，不管前进途中有多少磨难，都不能阻挡我们前进的步伐。

作者系长征二号E副总设计师　宓佳整理

终身难忘的五十二小时

张福全

在航天系统工作30多年间，我参加过四种型号的两次首飞试验和三次发射，给我印象最深的，要数1992年长二捆运载火箭首次发射澳星的情景，特别是从3月22日下午6点40分发射失利到我因事提前返京之前的52个小时，令我终身难忘。

当火箭发动机的轰鸣声意外中断，发射场坪上的黄烟开始变淡的时候，我逐渐从头脑中一片空白的呆滞状态下清醒，很快意识到火箭已实施了紧急关机，发射受挫了！

运载火箭实施紧急关机，在我院30余年运载火箭的数十次发射中这是第二次。航天人都知道，在这种情况下，能不能保住价格高昂的卫星、运载火箭和发射场的重要设施，不仅取决于是否有周密细致的应急方案，而且还取决于每一个参加故障处理的指挥员和操作手。显然，迅速消除任何危及星/箭的隐患、400余吨高能燃料的安全泄出、卫星的安全转运等大量的善后

工作，等待着各个系统特别是地面设备系统的发射队员们迅速上岗。立即归队作好上岗准备是当务之急。但这时通向发射场坪和指挥中心的路口尚未放行，我顺着山道快步赶回驻地已是晚上7点半钟了。

我所的曹长生同志，是临射前最后从发射场坪撤离的人员之一。这位从事发射台研制、试验已30多年的老同志，在我刚踏上工作岗位的几年，就是我的课题组长。从长征二号原型火箭的发射台到长二捆的发射平台，都是他主持设计。这位经验丰富、办事果断、胆大心细的"关中汉子"，从3号掩体只用20多分钟就赶到了指挥部。在对运载火箭进行常规安全处理的过程中，人们发现，四个已关机的发动机还有少量燃料渗漏，并形成断断续续的火焰和烟雾，而且，火箭在发射台上的四个支撑中有三个出现了较大的错位。为防止出现更严重的倾翻事故，在与几位总师和基地领导一起研究对策时，他提出了用钢丝绳捆绑加固的方案，并冒着浓烟和灼热，指导操作手完成了这一高风险、高难度的任务，为后续工作的安全性提供了保障。

回到驻地以后，我也无心进食，一边与同事们聚在一起轻声的议论，一边等待着上岗。9点多钟，我和王汉周、傅伟、宋晓红等几位负责星/罩装配设备的队员，受命赶赴卫星装配厂房，与基地官兵一起，将吊具、吊篮等各种拆卸星/罩组合体的设备和工具装车后，转运到发射场坪，运输车就停在距火箭10余米的位置。这时，只见火箭尾部的几个发动机还在不停地喷火，四周烟雾弥漫。滴漏还会变大吗？还有没有更大的隐患？……一连串的疑问紧压在我心头。我们撤到观察室等待着下一步命令。11点20分左右，指挥部在先泄出燃料还是先摘星/罩问题上与美国休斯公司协调尚无结果的情况下，决定一切进入监控状态，操作人员先休息待命。

我躺在床上迟迟不能入睡。场坪上闪烁的火花、静静的群山、产品研制阶段的日日夜夜以及为完成第一颗澳星的发射进场后

80多天紧张工作的种种情景，断断续续、杂乱无章地反复出现在脑海中。没过多久，朦胧中的我被人轻轻地推醒。

凌晨5点钟，我们一行人又赶到了场坪，等待着登上勤务塔完成星/罩的拆卸和转运。天已渐亮，发动机喷管下不紧不慢喷撒着的火焰，在晨曦中似乎有些减弱。

能打硬仗、团结协作、吃苦耐劳等优良作风，是15所发射分队的光荣传统，曾享誉部院、基地和二炮。周载学副总师以其技术工作的一贯深入细致，带领着这支过硬的设计队伍，研制出了一套让人放心的地面设备；孙映光副处长、赵连贵主任设计师等分队领导，值此关键的一仗，更是身先士卒。昨天晚上，分队已周密地安排好了各阶段抢险上岗的队伍，既保证了各个重要岗位都不缺强手，又适当精简了上岗人员，并一再强调了确保安全操作的重要。在长二捆发射分队，我是负责星/罩装配、运输、吊装等项工作的二岗指挥，此刻，责无旁贷地需要参加撤收星/罩的抢险任务。与我配合工作的各位同志及年轻肯干的一班操作手，在近期的工作中，不仅配合默契，也建立了相当深厚的友谊。

星/罩的拆卸与对接操作一样，应是中美双方联合操作的内容之一。经协调确定，这次有较高风险的星/罩拆卸任务改由中方独立完成。6点钟我们接到了上塔指令。在绕过发射平台时，我仔细地看了一下，发现滴漏没有恶化。而且，烟与火已被引入了导流槽。

将星/罩专用装备吊上塔的工作刚开始不久，不知何故出现了停顿。我急忙下塔找到了相关单位的现场指挥，理顺关系之后，吊装工作才得以有条不紊地继续进行。趁在塔下的功夫，叫基地二中队的领导，先带人到卫星装配厂房，作好准备工作，以便及时接纳星/罩。当最后一件装备一开始吊升，我们又乘电梯到达了距地面50余米的工作平台。在装满燃料的火箭头部进行大型设备的安装，最重要的是安全，特别是不能有任何东西失手坠落。因此，在开始将吊篮往星/罩上装配之前，我再一次对操作手们简要地强调了

在塔上安全操作的要点，并在每一个操作位置上指派专人负责盛接坠落物。事后得知，在操作过程中，果然有一个重约半斤的大螺栓不慎失手滑脱，刚好坠落在张开的安全袋内。也许，它避免了一次砸漏燃料贮箱引发的恶性事故。在操作手们沉着、有序的工作和密切配合下，只用了半个多小时，就顺利、安全地完成了吊篮的安装任务，比平时节省了大约 10 分钟。紧接着，211 厂的师傅们，开始进行几种电缆插头和连接螺栓的分解。趁此机会，我与基地的王戈、赵建友和一中队负责吊车的指挥约定：只要 211 厂的分解工作一完成，就指挥起吊，连续干不停顿。我先下塔将星/罩公路运输车调到塔下。接着，我下塔后立即通知二中队的牛排长、发射队的朱丙京副处长和王义海师傅，顺序将停放在场坪入口待命的公路运输车和两辆高空工作车准确停放在塔下规定的位置，并展开成工作状态，以及时完成星/罩的转载和安装。随后，我一路小跑，赶紧向设在控制间二楼的指挥部汇报。不知是饿、是急，还是高海拔的影响，在这一段不算很长的路上，我跑得很累。

指挥部里，基地和发射队的主要领导正在研究各项重大问题，会议已持续了一夜。当我一推开大门，望着首长们疲倦的面容，面对严肃的气氛，使我改变了想大声汇报工作进展信息的初衷，迅速找到周副总师，轻声地汇报了情况。周副总师告诉我，各阶段的工作与组织已安排就绪。在卫星转运阶段，基地耿副部长任现场总指挥，一部老乔和我任现场副总指挥。我一走出指挥部，就看到星/罩正按预定程序已从塔上徐徐下降。

我再次查看了星/罩在车上的安装情况以后，和老乔、蓝伟风等一起登上高空作业车的车厢，按照运输编队，跟随在星/罩公路运输车后，缓缓地离开了发射场坪。很多领导也乘车跟随着车队驶向卫星装配厂房。途经测试厅大门时，聚在门口的休斯公司的不少技术专家，不约而同地伸出了大拇指，或面带欣喜的笑容，向车队频频招手致意。

高空作业车在驶过测试厅大门后，超到了车队前面，我下车后却发现运输车停在了弯道上，原来是基地参谋长要运输车停下来等候摄像师，以便将星/罩已安全返回厂房的实况录下来向中央汇报。大约等了有20多分钟，主管运输车的蓝伟风同志发现，运输车前桥的一个油气弹簧出现漏油，我和周副总师赶紧跑过去，仔细观察后认定是微小渗漏，但也不宜久等了。我向参谋长说明情况后，运输车立即启动，转过两个大弯后对准了厂房大门。就在装载着星/罩的拖车向厂房内推进时，摄像师也到了，他们抢拍到拖车已有一半进入厂房以后的实况。昨天的发射，中央台进行的实况转播因发射受挫而很快终止，关注航天事业的人们还等待着有关善后工作的报道。当晚的新闻联播时间，及时播出了这一段录像。

装载着星/罩的拖车进入厂房后，为确保卫星的安全，我们用垫木将车垫牢。这时，休斯公司的保安人员已不离左右，并将摄像机对准星/罩，以监护卫星的安全。

从星/罩一离开发射场起，泄出燃料的准备工作就开始了。当我们从卫星厂房走回驻地时已超过了12点，要搭乘下午的专机返京的发射队员正在楼前集合。我所发射分队的几位领导，以及负责燃料加注（泄出）设备和供配气设备的王紫竹、王桂琴、陈儒志、张小芳等同志，还一直在塔架上工作。

由于休斯公司对能否在短期内恢复发射存在误解，坚持星/罩暂不转移到停放支架上，原定下午完成的转载工作只好暂停。趁此机会，周副总师决定，尽快排除车辆故障，更换已有渗漏的油气弹簧，并责成我负责。他们的注意力很自然地转到了安全泄出燃料的工作上了。

23日下午，在休斯公司的摄像机的镜头下，开始了修车。更换车辆的油气弹簧是一个既要力气又要有技术的活儿，蓝伟风、傅伟及二中队的4名战士，谁也没有亲手装、拆过油气弹簧。更没有在

车上装着那么贵重的外星的情况下干过活。不能出半点差错啊！我深知责任的重大，心里虽然有些紧张，但外表还算镇静。我们用手摇千斤顶小心翼翼地将车顶高、加垫、卸压。随后顺利地拆下了那个有故障的油气弹簧。然而，不可思议的事情发生了：两个作为备份的油气弹簧的尺寸配合上都有毛病！经过反复地试装，才找到了最省时间、工作量最小的修改方法。当晚，无论是参加分队召开的会议，还是倾听来自场坪的信息或参加议论，我总是不停地用高标号砂布细心地研磨着销轴，以便明天能顺利地与销孔超差的油气弹簧配合。直到我作好了研磨工作，在场坪上参加燃料泄出准备工作的人还一直没有下岗。

发射失利后的第三天，我们仍然很忙。上午顺利地换好了油气弹簧，下午又将星/罩从公路车上转载到了停放支架上，直到当晚7点才回到驻地，我分工承担的主要工作总算划上了一个圆满的句号。然而，我万万没有想到，再过两小时就不得不急急忙忙地提前离开了发射基地。原来，我室领导昨天上午就从北京发来了我爱人有重病迹象，希尽快安排早日返京的电传。因再过两三天全体发射队员就可以返京了，加上手上的工作还没做完，当晚，我知道信息后，决定先打电话托两人到家看望一下。他们回电话说，已有人作伴，看起来好像不太严重。我带着惴惴不安的心情度过了那个似乎很漫长的后半夜。谁知第二天病情会变化得那么快，当我还在卫星装配厂房里工作时，我和我爱人双方单位的领导们，针对我爱人的病情，已将她送进了专科医院。分队领导让我安安静静的吃饱晚饭后，告诉了我这个信息，并建议明天乘快车到成都转乘飞机。考虑到家中还有一个上初二的学生需要照顾，我决定立即动身，乘坐两小时后的夜班慢车到成都再说。

当我匆匆忙忙收拾好资料和行李，临上汽车前得知：发射场坪上燃料泄出工作进行得很顺利，12个贮箱的燃料已泄完了5个，他们的晚饭已送到了场坪。看来，他们至少需要干到后半夜。

我与同志们一起在长二捆首次发射澳星失利后的紧张工作中，度过了永生难忘的52个小时。

作者系一院15所副主任设计师、高级工程师

氢氧发动机研制的七十个昼夜

王之任

YF—73 氢、氧发动机是我国研制的第一种低温推进剂发动机，用于长征三号运载火箭的第三级，其预研工作开始于 1965 年，1976 年正式转入型号研制。1984 年 4 月 8 日首次发射成功。八年研制过程中，在各级领导关怀下，在总师系统直接领导下，发动机经过上百次各种工况下的热试车，攻克诸如发动机吹除预冷、点火起动、二次点火起动、高压条件下的高温和低温密封、控制气路振动、低温高速轴承、高速端面密封、涡轮泵的次同步振动、发动机缩火等十几个重大技术关键。1983 年 8 月 14 日圆满完成长征三号三子级全系统试车。经过设计部、所和工厂紧密配合、日夜奋战，终于在 10 月初将长征三号第一枚运载火箭总装检查完毕，10 月 12 日离京运往西昌发射基地。

到基地后，我们按专业分别向基地各对口科室详细地进行产品的技术状态、测试要求和注意事项的技术交底，与基地的同志们一起遵

照周恩来总理“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”的教导，对产品进行反复检查和测试。1984年1月29日组织首次发射。由于第三级发动机二次起动失败，没能将卫星送入预定轨道，当时大家心情非常沉重，没有完成党和人民交给的重任，实感责任重大。大家晚饭没吃，立即开展讨论，分析产生故障的可能因素，一直到深夜。躺在床上仍翻来覆去不能入睡。

聂荣臻元帅对我国航天事业极为关怀，1月30日（发射后第二天）就给试验队发来慰问信。在肯定发射成绩的同时指出：“这种极复杂的科学试验，哪能要求必须一次成功，何况这次是最新发动机的首次上天试验，在欧美少数几个国家也是经过反复失败、成功，才掌握了新技术的。所以只要大家认真对待，从中分析原因、查明故障、得出经验，我国的地球同步卫星一定会发射成功。现在关键就在一字之差，是鼓气，还是泄气，我相信同志们一定会以科学的态度，继续努力，终获成功的。”聂帅的指示给了我们极大的鼓励和鞭策。我们决心按聂帅的教导要“鼓”气，不能“泄”气。发扬技术民主，群策群力，发挥集体智慧，找出问题，研究制定出切实可行的措施，攻克技术关键。

发射的当天夜里，从远望号测量船上发来了部分测量数据。第二天我们立即投入对这些遥测数据的判读、计算和分析工作。1月31日至2月2日各分队参试人员分别召开故障分析会。会上大家纷纷发言，提出各自的看法和建议，张镰斧院长（试验大队队长、基地发射指挥部副总指挥）、任新民老总和谢光选总师深入到我们发动机组参加讨论，听取各种不同意见，并多次召开小型会议，或找个别同志谈话听取和协调各种不同的看法和建议。2月3日至7日在张院长、任老总和谢总师的指导下，召开试验队、发射基地等有关人员参加的故障分析大会，经过分析论证，最后综合提出了可能的故障模式并根据此模式，总师系统提出了几项可能的改进措施。

2月至4月正是西昌地区春暖花开的季节，过了4月就要进入雨季，将给发射工作带来很多不利。为了尽快将我国的通信卫星送入地球同步轨道，工程总指挥部决定第二次发射规定4月中旬以前完成。在这样紧迫而又艰巨的任务面前，我们接受了时间的挑战。改进措施确定后，我们立即投入紧张的战斗。春节没有休息，在基地同志的密切配合下，在合练箭上进行查找故障的试验，对飞行吹除用氦气消耗量和气瓶工作时间进行计算和试验，对新增加的有关部件和系统的导管进行模装和取样。当时没有制图板、丁字尺，闻毛南和马金涛等同志就在宿舍的桌子上画图。仅有的两张桌子被画图占用了，申怀群、黄国璋等同志就坐个小木凳趴在床上进行计算和书写各种技术文件。同志们中午不休息，每天加班到深夜。就这样，我们只用了三天时间，完成所有系统的图纸更改，导管及各种零组件的结构设计图及有关的技术文件。

2月6日，张镰斧院长给北京研制基地发回加急电报："分析工作正在进行，方案已定，有关人员立即启程，图纸采用传真发回。"2月7日，设计图纸用传真发回北京研制基地。有关厂立即开始生产准备。然后研究所主管总装设计的马金涛同志立即返京。到京后，从机场直奔生产车间进行技术交底、配合生产。工厂的师傅们加班加点以最快的速度生产出所需的零组件。与此同时，研究所的同志们在刘传儒所长、王桁、顾明初等的带领下也投入紧张的战斗，一边配合生产，一边对改进后的系统方案，在有关试验室进行验证试验。由于厂、所的共同努力，只用了10天时间就改装好一台发动机(正常情况下至少得用一个月的时间)。2月20日进行了改进型发动机的首次热试，获得成功。以后又进行多次试车，都达到试验目的，证明改装后的发动机方案可行。为了加快进度，确保4月中旬前再次发射，在准备长程可靠性试车的同时，3月22日即将改装发动机用的各种零组件运抵西昌发射场。23日对已经竖立在发射台上的火箭开始发动机的改装工作，改装任务是很艰巨的。

三级机舱里空间狭小，导管很多，而且都是不能碰撞的。里边既不能坐也不能站立，只能以半蹲的姿势弯着腰工作，用搬手进行分解和装配时需要十分小心才行。张镰斧院长曾穿上进舱服爬进机舱观察发动机的改装情况，亲身体会改装工作的难度。为了锉修导管，工人师傅从尾段舱口，爬进爬出几十次。中午不休息，晚上加班到深夜。仅用三天时间就高质量地完成改装任务，各项测试完全符合要求。3 月 27 日又传来北京时间长程可靠性试车圆满成功的好消息，更使我们增加了再次发射必定成功的信心。在基地指挥部的领导下，三次总检查顺利通过，并进行了认真细致的质量复查和事故预想，不放过一个疑点，不放过一个问题，对每项可能出现的故障都作好处理预案。4 月 6 日，工程总指挥部批准长征三号运载火箭 4 月 8 日进行第二次发射。4 月 7 日进行了贮箱置换，当天夜里完成了一、二级推进剂加注。4 月 8 日凌晨 6 点，基地指挥部领导在发射现场进行射前动员。随后全体参试人员立即投入紧张而又有序的射前准备。上午顺利完成三级贮箱的终期置换、各种气瓶的充气、各分系统的状态检查等工作。随后就分别加注液氢、液氧。随着射前倒计时的减少，我们的心情也越来越紧张。射前 27 分钟，三级发动机进入地面预冷。这时大家更为紧张。在各测试间，我们全神贯注地听着指挥员发出的一道道口令，目不转睛地盯着显示器上的各种信号。射前 15 分钟最后一批人员撤离塔架，“10 分钟准备”，“4 分钟准备”，“1 分钟准备”，只见各脱落插头自动脱落，电缆摆杆迅速地离开了箭体，“点火！”操作员接到这一庄严的命令后，敏捷地按下点火按钮。19 点 20 分火箭喷射着耀眼的巨大火柱渐渐地离开了高大的发射塔架向天空飞去，点火成功了！这时大家稍稍松了一口气，但仍聚精会神地注视着指挥间屏幕上的各种遥测数据，静静地听着各观测站发出的观测报告：“一级飞行正常”，“二级飞行正常”，“三级一次点火正常”，“三级飞行正常”，“三级一次关机正常”。火箭滑行几百秒期间，我们负责三级发动机的同志们

心情更是万分紧张，好像对所采取的改进措施是否有效又多了几分怀疑。当听到测量船上传来的“三级二次点火正常”的声音时，心中像是平静了一些，一直到听到“三级二次关机正常”时，精神才完全放松下来，这时指挥大厅内的全体人员热烈地长时间鼓掌，大家紧紧握手、拥抱，相互祝贺，许多同志兴奋得热泪盈眶。我们终于成功了，首次将我国的地球同步通信卫星“东方红二号”送入预定轨道。

从 1 月 29 日第一次发射失利到 4 月 8 日第二次发射成功，只用了 70 天的时间。在这紧张战斗的 70 个日日夜夜里，我们进行大量的数据处理；反复、认真的故障分析；经过论证、讨论，研究制定改进措施；加工新结构零组件，改装发动机，并进行多次热试车；在竖起的火箭上，进行飞行用发动机的改装；各分系统测试和全箭总检查并发射成功，这样快的速度在国内外的航天史上是空前的。欧洲阿里安火箭，1980 年 5 月 23 日第二次飞行试验失败后，再次发射用了整整一年的时间；1986 年 1 月 28 日，美国航天飞机飞行爆炸后，再次飞行用了两年半的时间，我们仅用了 70 天时间就初步解决氢氧发动机高真空及失重条件下的二次点火起动的重大技术关键。长征三号运载火箭再次发射成功深刻体现了各级领导对我国航天事业的亲切关怀和正确领导；社会主义大协作的优越性；在我国航天事业领域里培养了一支有高度事业心和责任感的技术队伍。

4 月 15 日，美国宇航局局长贝格斯写信祝贺我国成功地发射了地球同步卫星，信中说：“你们完全可以为中国航天计划中的这一重要里程碑感到自豪，仅有少数几个国家达到这次发射所显示的技术能力。”

4 月 18 日，中共中央、国务院、中央军委电贺试验通信卫星发射成功。贺电指出：这是我国社会主义现代化建设取得的一个重大成就，是我国航天技术取得的又一重大胜利，标志着我国航天技术

有了新的飞跃。

4月19日，聂荣臻写信祝贺发射成功，指出：这次试验成功，使我国的航天技术、信息技术等都有新的重大突破，为我们迎接新技术革命的挑战增添了力量和信心。

成功是来之不易的。YF—73液氢、液氧发动机的研制成功曾经历了十年漫长的预研、长达八年的研制。同志们将自己的全部心血倾注于祖国的航天事业，排除重重险阻，攻克一个个技术关键。最后又经过70个不平凡的日日夜夜初步解决了发动机高空失重条件下的二次点火重大技术问题。所有参加这一工程的人员都为能参加这项工程感到幸运和自豪。

作者系一院11所原副所长，长征三号原副总设计师

长征二号丙改火箭及其上面级的研制

李 占 奎

历史和现实决定了中国长征火箭走向世界的脚步是极其艰难的，但前景是十分光明的。

1990 年 4 月 7 日，长征三号运载火箭精确地将美国休斯公司制造的亚洲一号卫星送入预定轨道，标志着中国的运载火箭进入了国际商务发射市场。1992 年 8 月 14 日，长征二号捆绑式火箭发射澳星成功，则大大增强了长征火箭参与国际市场竞争的能力。

但要把卫星送到最终圆轨道，需研制既灵活又经济的上面级。俄罗斯、美国在 1993 年以前就研制出带有这种上面级的火箭，而我国长征系列火箭在这一领域却是一个空白。

如果说，掌握液体火箭技术、攻克火箭捆绑和分离技术，是中国火箭技术史上的几次飞跃的话，那么研制上面级火箭则会填补我国运载火箭技术的一项空白，也将成为我国运载火箭发展史上的一个里程碑。

而且，占领竞争激烈的国际商务发射市场，

上面级是不可缺少的。灵活机动的上面级可以通过变轨，将卫星送到最终的运行轨道。不少国外卫星或不带燃料，或不具备此种功能，这就使得上面级火箭备受用户的欢迎。

1993 年 4 月 28 日，中国长城工业总公司和美国摩托罗拉公司在北京签订了用长征二号丙改进型火箭发射多颗铱星的合同。同年 7 月 30 日，合同生效。根据合同规定，1996 年由中国开始首次铱星发射，然后由包括美国麦道公司、俄罗斯克鲁尼切夫公司在内的三个国家的发射公司进行交叉地密集发射，组成铱星系统的空间网，交付给铱公司。该网计划 1998 年投入运营。长征火箭将迎来一次新的考验。

美国人看中中国的长二丙改进型火箭，首先是看中了长征二号丙火箭极高的发射成功率。国际上，无论是发射承包商，还是保险公司，它们并不太注重火箭技术上的先进性，而是更看中发射的成功率，还有一个原因就是很多铱星在天上运行，个别卫星有故障后，要求很快补网，且补网发射一次不需要发射很多，每次一般发射 1～2 颗即可。美国的德尔它火箭承揽了铱星发射中的大部分任务，但它每次要发射 5 颗，运载能力很强的俄罗斯质子号火箭每次要发射 7 颗。而中国的长二丙改进型火箭一次正好可发射两颗铱星，因此，美国人相信中国人有能力完成这一任务。

同研制发射澳星的长二捆火箭一样，这次我们面临着严峻的考验是：合同已订，只有按时完成任务，向世界展示中国航天人的智慧和能力。我们没有退路，我们别无选择。

在长二丙火箭上加一个新设计的上面级，看似简单，实则困难重重。

研制上面级，我们没有经验，也未进行过预先研究。

铱星对火箭要求高。要求火箭要把卫星送到南美上空，再入轨，因为摩托罗拉公司的地面监控台站分布在美国、加拿大、冰岛等地。在二级火箭分离后，上面级还要飞行 40 多分钟。在中国的

长征火箭中，它的飞行时间最长，比原长二丙火箭飞行时间长 7 倍，比目前长征火箭中运载能力最大的长三乙火箭的飞行时间也长了很多。飞行时间长，可靠性要求高。特别是上面级太空飞行环境极为恶劣：高真空；深冷的温度环境，其最低温度可达－270℃；高能带电粒子环境会使电子元器件失效，导致飞行失败。因此上面级研制必须攻克飞行环境关。

要求火箭把两颗卫星一次送到一个轨道面上，两颗卫星分离后、卫星绕地球一周，两颗星之间的距离要大于 1 公里，不能相撞。圆轨道高度偏差不能大于±18 公里，轨道倾角要小于±0.15°，升交点直径不能大于 0.18°，精度要求非常高。

上面级火箭在将卫星送入预定轨道后，要离开轨道面，否则将成为空间垃圾。要求上面级在一年后回到地面，就需要让它调姿，改变轨道，进入一个衰减轨道。

这就可以看出，铱星对上面级的要求是很苛刻的。

在全箭飞行中，卫星和上面级被安放在新设计且带有空调环境的整流罩内，当飞行 230 秒，整流罩被抛掉，即上面级和卫星进入太空环境。飞行约 610 秒，上面级与二级火箭分离，进入停泊轨道。在整个飞行中，卫星要求火箭的力学环境、各系统电磁干扰不能对卫星造成影响，“娇气”的卫星不能受到污染。上面级和卫星相连的结构，其刚度要高，不能有较大弹性变形，过载加速度要求小。

精度要求高，就需要有制导系统。要变轨，就得有姿态控制系统。调姿还需要有动力。控制系统、动力系统都得有相应的配套系统。

两颗卫星如何分离？是一个个地分离？还是同时分离？万一在分离中卫星相互碰撞怎么办？

3 年中要攻克这一道道难关，确实不容易。

早在 1992 年底，任长二捆火箭副总设计师的我，在发射完澳星 B2 后，便到了美国。这一年的春节，我也是在美国度过的。在美

国，我负责技术方案的谈判。在翻阅了厚厚的投标资料后，我感到，要完成任务，不是只简单地研制一个分配器，还要做进一步的总体和系统设计。当美方问及3年多时间能否完成任务时，我坚定地表示：我们一定能如期完成。我们将充分利用长征火箭成熟的技术，并做最佳组合。美方付给了我们500万美元的研制费，并派10多位专家审查了我们的技术方案。尽管当时拿出的用于谈判的仅仅是一个雏形，但美国人相信中国人能完成这一任务。

抓住机遇，发展中国的火箭技术。在研制工作还未启动的时候，我和第一设计部的技术人员已翻来覆去多次对技术方案进行研究、讨论。

1993年，我被任命为长二丙改进型火箭总设计师。从此，我把全部精力投入到这枚火箭的研制上，我的脑子里，几乎全部是跟它有关的事。

过去研制火箭的程序是，先进行技术途径分析、调研，然后进行总体方案论证，还要进行生产、工装、元器件、材料、工艺水平、试验条件的论证，总体还要考虑单机、分系统。若按部就班，到初样研制结束，需3～4年时间。我和技术人员一起，根据几十年的体会，反复研究，最后认为：必须充分利用成熟的技术，这样不仅能大力提高可靠性，还可以缩短研制周期。如姿控发动机的喷管，就采用了成熟技术；计算机，容量加大，加一定的防护措施。小型化的遥测系统，美国有现成的，但一套要几百万美元，我们立足于自己研制，不仅加快了进度，也节省了经费。

所有上面级产品，100%进行了高效应力筛选。初样产品进行了可靠性增长试验，有些试验是强制推行的，试验都务求一次成功。这样确保了质量，节省了时间，保证了研制进度。

在设计队伍中，我们制订了设计准则。我们始终把可靠、实用放在第一位。实践证明，我们的路子走对了。

我在研制工作中还借鉴了长二捆的研制经验，采取平行交叉

的办法，这边方案分析，那边进行生产准备。其中大型地面试验几十项，我们提前组织各方面专业人员进行研究、分析，早做准备。在进行各项试验中，我们始终坚持一条原则：试验一定要充分，但经过充分的分析和论证，没有必要的，就取消。如热真空试验，为尽早取得实验结果，决定采用基本类型的电子产品先行进行单机摸底试验；动平衡试验，经过缜密的分析后，决定取消。实践证明，这些决定是可行的。

研制中的难题一个个被我们攻破。

我们研制的上面级，有中国特色，是中国结构。重量轻，灵活，功能齐全，控制方案先进。

按常规，多星分离都是顺序分离。火箭将卫星送到入轨点后，先分离出去一颗卫星，过一段时间，再分离另一颗卫星。还有一种方案，就是同时分离。一部、12 所的技术人员花了两个多月的时间进行分析，认为两种分离方案都可以。但通过深入分析，我认为同时分离的方案更为合适，这就是，使上面级旋起后，得到一定的速度，卫星得到相反的速度，两颗卫星分离时不相互碰撞，又在同一个轨道面上。

两颗卫星并放在整流罩内，间隙 352 毫米，相距很近。分离分析的工作是艰苦的。但是，我们最终找到了合适的方法，并用计算机进行大量的仿真试验。实践证明，这一方案是成功的。我们在地面试验是充分的。这种新的分离方案，尚未见过。

令人难忘的还有与美方的合作。如机械、电部分的接口支架，由我方制造，尺寸由美国人提供。有一个样板的图纸，开始时美方不给，争执很久后，美方还是给了我方图纸。“用户就是上帝”。人家找我们发射，我们也提供他们必要的火箭图纸和数据，他们也审查火箭的可靠性和有关参数，保险公司也要对火箭进行审查。如觉得火箭问题多，或不买保险，或要价很高。但我们在评审中，既坚持了原则又具有一定灵活性。凡确实和卫星关系大的上面级的有关

的图纸、数据等资料和文件提供审查外，其他与全箭有关的只提供综合性资料供审查。

还有就是精度问题。美国人对精度要求很苛刻。我们就提出，指标要求这么高有无必要，不能认为指标要求越高就是越好。我们发射休斯公司等各大公司的卫星，都没有这么高的指标。美方最后还是接受了我们的意见。

在一次加注中，美方把加注重量搞错了。如再加注，既没有时间，又没有燃料了，发射在即，焦急的美国人请我们帮助做计算。我们发射队的技术人员经过认真计算，认为不影响卫星的入轨和工作，最后，发射取得了圆满成功。平时遇到一些故障，美方都能予以理解。

在上级领导、院领导的亲切关怀和支持下，走过了3年的艰辛历程，经过研制队伍无数个日日夜夜的刻苦攻关，长二丙改火箭未负众望，1997年9月1日晚10时，成功地将两颗铱星模拟星送入预定轨道。1997年12月8日，长二丙改火箭首次将两颗铱星成功送入太空。至今，已有6颗铱星被送入预定轨道。我们没有忘记，摩托罗拉公司负责人诚挚的祝贺，中国发射铱星被他们称之为"里程碑"式的事件："我们祝贺中国运载火箭技术研究院，特别是袁总（袁连启总指挥）以及长二丙改试验队为了火箭质量双方顺利的联合操作。我还要向火箭技术研究院的工作人员表示我个人的谢意，感谢他们为帮助我们成功的解决卫星加注问题所及时进行的技术分析。火箭技术研究院的努力是在中国成功发射铱星的共同合作的优秀范例。"

尽管发射铱星连续取得了成功，尽管在美、中、俄三国所发射的铱星中，我们的精度最高，但我们仍然不敢有丝毫的懈怠和自满。每次发射成功后，我的心都激动不起来，后续的任务还很重，还需要我们不懈努力和拼搏。

作者系长征二号丙改进型火箭总设计师、研究员

王丽娟、刘林宗整理

固体发动机闯入国际市场

高 崇 武

每当我翻阅《人民日报》1995年新华社西昌12月28日电文:“我为美国成功发射一颗通信卫星——‘艾科斯达一号’顺利升空”的消息时,往事历历在目,仿佛就在昨天。

1995年11月28日和12月28日,长二捆运载火箭两次把美国马丁卫星公司制造的“亚洲二号”和“艾科斯达一号”通信卫星送入近地点地球停泊轨道后,EPKM准时点火,把卫星送入36000公里高的地球同步转移轨道,标志着中国研制的固体火箭发动机使长二捆运载火箭具备了向国际商业发射市场提供完整、配套服务的能力,中国的固体火箭第一次打入了国际商业发射市场,这在中国航天史上揭开了新的一页。

EPKM是为长征二号E火箭配套的近地点固体变轨发动机的英文简称,直径1.7米,装载固体燃料5.4吨,总重量6吨,是目前我国最大的近地点固体发动机,它由航天工业总公司

所属的河西公司研制的。

我作为开发研制 EPKM 的组织指挥者之一经历了长达 7 年的历程，回想起那漫长的日日夜夜伴随着是一个又一个的挫折、失败、成功和胜利，这是一场血与火的战斗，灵与肉的搏击。

被人称为天方夜谭的决策

固体火箭发动机是主要用于战略战术武器和宇航运载的动力装置，是一个非常敏感而又神秘的事业，尽管为发射第一颗人造卫星、历次返回式卫星回收成功以及其他发射任务中创造了 100% 成功率的奇迹，但 30 年来一直处在封闭和保密之中。

然而中国改革开放的春风吹开了河西公司冰封的大门，1988 年底中国火箭技术研究院的副主任设计师朱维增受王永志院长、长二捆火箭总设计师王德臣的委托，来河西公司协商为长二捆试验飞行研制一个近地点变轨发动机。当时内蒙指挥部的总经理兼总工程师邵爱民、党委书记李德然高瞻远瞩，在其经济十分困难的情况下审时度势，果断决策，全力开发国际商业发射市场需要的近地点变轨发动机，让河西公司走向世界。

1990 年 7 月 16 日长二捆运载火箭模拟飞行获得成功，河西公司研制的变轨发动机，虽然直径只有 1.4M，只是 EPKM 的雏形，但在飞行试验中得到了考核，这就更增强了河西人的信心，激发了研制出有商业用途的 EPKM。

1 年多来，决心要把中国的固体发动机推向国际市场的长城公司副总裁陈寿椿，长二捆总设计师王德臣，一院一部的许多同志不辞辛苦，多次往返于北京和呼和浩特之间积极策划，紧张地进行协调论证工作。

在进行 EPKM 论证和开发过程中也有人提出过反对意见，他们怀疑河西公司是否有能力研制出如此尖端的上面级发动机，甚

至有人以一种鄙视的态度说，用EPKM作为发射美国卫星的上面级简直是天方夜谭。面对这些议论，我们丝毫没有动摇，认真细致地进行各种论证和基础工作。

1991年2月22日春节刚过，我和邵爱民、王宝山到北京参加由部科技委组织的长二捆配套EPKM增大运载能力的方案评审会，专家们以极大的兴趣和认真的态度提出各种问题，并一致通过了EPKM的可行性报告。

1992年3月22日，尽管长二捆首次发射澳星失利，这对于正在论证和开发EPKM的工作非常不利。然而就在这一天，刘纪原副部长以战略家的胆略，在《立即开发研制EPKM》的报告中，斩钉截铁地批示"同意关于EPKM研制的意见"，这在当时发射服务阴云笼罩的形势下，需要多么大的气魄呀！

我们接到这个文件后，感到的是极大的鼓舞和巨大的鞭策。

1992年10月17日，封闭了20几年的河西公司第一次敞开大门迎来了亚洲通信卫星公司的代表——卫星运作经理美籍华人邱亚惠博士来河西公司考察并洽谈签订购买EPKM合同的有关事宜。

1993年3月3日新华社在各大报纸以显著标题和中央电视台晚间新闻播送了一条重要消息"中国长城工业总公司与总部设在香港的亚洲通信有限公司在北京签订了用'长征二号'捆绑式火箭发射'亚洲二号'卫星的合同，同时售给亚星公司一台卫星近地点固体发动机"。这是我国新闻媒体第一次公开向世界宣布，中国将用自己研制的EPKM把美国的卫星送到36000公里的地球同步转移轨道。

从此河西公司，这个位于塞外草原的固体火箭发动机制造公司从封闭走向开放，走向世界，她的每一次试验成功与失败都引起国际宇航界的极大关注。

世上无难事，只要肯登攀

EPKM不同于河西公司以往研制的发动机，除要进行各种点火试验外，还要进行动力学偶合分析，热力学偶合分析、转动惯量、动平衡试验等，这对我们来说都是一些新的领域。为了保证精确入轨，外商对发动机的总冲偏差、推力偏斜、质心横移要求精度很高。

1993年3月下旬，在美国普林斯顿进行了第一次技术协调。在会上，马丁公司提出，河西公司在一年内要完成模态试验，确定发动机的共振形态和动力学偶合分析，以保证卫星安全，这是一个从来没有涉及过，难度极大的工作，参加会议的邵爱民总师立即从大洋彼岸给我发来传真，要求研究所一个年轻的硕士研究生李卓立即到北京接受任务。当我找到这位年轻的工程师给他布置任务时，他没有任何犹豫，立即和我登上火车，前往运载火箭研究院，向动力学专家朱理文研究员请教。小李虚心好学，日夜攻读高深的动力学理论，整天在计算机上进行枯燥的编程和运算，不到两个月就建立起数学模型，提供给马丁公司。为了验证理论模型的正确性，他提出模态试验的具体方案。经过试验，理论模型和试验结果误差仅为5%，在1994年3月中美双方第四次技术协调会上，EPKM模态试验结果得到马丁公司的认可。

1993年5月31日，第一发EPKM试车尽管全程通过，但在燃烧过程中仍有异常情况，许多技术人员夜不能寝，苦苦思索着产生问题的原因。

我清楚地记得年近6旬拖着病体的邵爱民总师把自己关在屋子里，把试车曲线和理论预示曲线一点一点地描画比较，计算燃烧面积的变化情况。与此同时设计所技术人员也进行分析研究，他们不谋而合，一致得出了由于推进剂与绝热层剥离造成燃面增大的结论，为了验证理论分析是否正确，设计人员钻进弥漫着呛人气味

的壳体内，几次爬进爬出，反复测量绝热层的烧蚀量，证实了理论分析的正确性，并提出改进措施，在以后的试车中再没有发生过类似的异常现象。

一次 EPKM 装药出了问题，为了抢救这台发动机保证试车成功，需要挖掉 200 多公斤推进剂，发动机壳体盖口小只能容一人把头伸到燃烧室内，推进剂是粘弹性材料，又是火工品，为保证安全，每次只能铲出几十克药，正值元月中旬寒冬季节，干上十几分钟，人人都汗流浃背，六位工人师傅为了抢时间，每天连续干十几个小时，一个星期过去了，200 多公斤推进剂挖出来了，可再看那些工人，挥发性化学物质把他们的脸都熏浮肿了，一个个瘫在地上不能动弹。在现场，我问他们有什么要求时，他们把头戴的白色工作帽摘下来，要领导在上面签名留念，这些可敬的航天战士作出这样大的付出，可没有任何要求，我的眼睛突然湿润了，含着眼泪在他们的帽子上写着："感谢你们，向你们致敬！"

高空模拟试车是外国卫星公司非常关注的试验，EPKM 总冲量能否把卫星送入轨道，就是要通过高空模拟试验测得的比冲来验证的。高空模拟试车舱体是模拟大气层外真空状态下的试验系统。为了建成达到国际水平的高空模拟试验舱，设计师史范义日以继夜绘制出上百张图纸，经常下厂跟班作业，解决生产过程中的问题，在高空仓安装、调试，直到发动机正式试车的一年多的时间里，他吃不下饭、睡不着觉，累垮了身体，几次晕倒在现场。

为了抢建高空仓，工人们冒着零下 20 多度的严寒，顶着北风，蹲立在 5 米高的圆形仓体进行焊接，常常是超负荷工作，一不小心就有可能滑下来。一次，我正在检查工作，已是 50 多岁的车间领导突然从扶梯上掉下来，失去知觉，送到医院后他醒来对我说的第一句话是：没事，还是让我回到工地吧！

就是在这些可敬可佩的设计者和工人师傅们的努力下，攻克了难关，建成了具有国内领先水平的高空仓。记得在高空模拟试验

的前几天，亚洲卫星公司给我们发来传真，内容是："高空模拟试验非常重要，试验台是崭新的，不单是 EPKM 本身的考验，试验台也是一个考验。"1994 年 5 月 5 日，高空模拟试验获得圆满成功，显示了中国航天人的勇气和水平。

任何型号研制都不是一帆风顺的。为了保证 EPKM 飞行稳定，要在地面进行每分钟 40 转的旋转试车，可是两次旋转试验都失败了，发动机头部烧穿，大火吞没了钢结构的旋转试车架，100 毫米厚的推力墙钢板烧得变了形，损失十分惨重，面对着大火，我们强压着焦虑和悲痛，连夜召开故障分析会，一次又一次地计算验证。如果说第一次旋转试验失败，外商还能给予理解，那么第二次旋转失败，如一石激起千层浪，再次震动了国际宇航界。

1994 年 7 月 13 日亚洲卫星公司发来传真表现出极大的恐慌，电文说："第二次旋转试车失败，外界压力更大了，目前形势极其严峻，再有任何失误，就不可收拾，河西至少还要四次成功的试车才可建立起顾客和国际保险界的信任。"

美国艾柯斯达卫星公司也发来传真明确表示："试车失败，影响了保险率，我们经受不起失败。"同时，有各种系列的固体上面级的美国联合技术公司(UTC)宇航部也乘机向亚洲卫星公司提出用他们已经过几十次飞行成功的 ORBUS 系列代替中国的 EPKM。

马丁卫星公司也电告长城公司，直率地表示了他们的担心，他们怀疑中国河西公司是否具备 EPKM 的研制能力，并专门委派曾作为"挑战者号"事故调查的成员，资深的固体发动机专家莫菲博士来河西考察和分析事故原因。

形势十分严峻，我们感到一种前所未有的压力和忧虑。

在河西公司最困难的时候，航天工业总公司的领导再一次从精神上、经济上给予极大的关怀和支持。在我们给总公司关于 EPKM 试车失败报告上，刘总经理、王礼恒、白拜尔副总经理同时批

示:要求河西公司找出原因,保证质量,稳定工艺,确保成功。几位领导在一份报告中都给予具体的指示,说明他们对 EPKM 仍寄予厚望。有总公司作后盾,我们没有克服不了的困难。

在试车失败的第二天,我们召开了党委紧急扩大会议,成立了故障分析领导小组,布置安排分析工作,工程技术人员废寝忘食,研究分析烧毁的残骸,寻找旁证,派人到北京航空航天大学请教专家教授,从一大堆国外资料和刊物中寻找理论根据,经过 20 多天艰苦细致的工作,否定了亚洲卫星公司聘请的法国顾问提出的头部密封失效的推断,确定了是由于旋转试车时,燃烧室内火焰流场发生变化产生挠动反向流引起的头部烧蚀严重,造成穿火原因。经过航天总公司科技委副主任崔国良等专家对故障原因和采取措施的评审,终于在 1994 年 10 月 30 日第三次旋转试车获得圆满成功。

在庆祝经过千辛万苦才获得旋转试车成功的酒宴上,外商要求我们唱一首歌,当时,我们几位领导和总师引吭高歌,“下定决心,不怕牺牲,排除万难,去争取胜利”,这歌显示了中国航天人不怕牺牲,勇于攀登高峰的决心。

在以后进行的一发高模和三发旋转试车都连续获得圆满成功,EPKM 信誉获得空前提高。

正如 1995 年 3 月亚洲卫星公司主办的《亚星通讯》第三期报道中评价的那样:“中国研制的近地点发动机 EPKM,在多次试验中都获得了成功,这个近地点发动机是中国目前制造的最大型的,并且是第一个作为商业用途的近地点发动机,EPKM 是专为中国长征二号捆绑式火箭而设计的,在性能效益上与其他同类发动机相比占有一定优势。”

两次圆满成功发射,已被亚洲卫星公司言中。

商业发射市场在继续开拓

EPKM的成功，使中国固体发动机在国际商业发射市场上占有一席之地，从1997年，我们又与长二丙改火箭配套研制的铱星变轨发动机再次在商业发射舞台上亮相。多次与长二丙改火箭以一箭双星将摩托罗拉的通信卫星送到630公里的高空。发射任务仍在继续，我们研制的固体发动机将要撞开21世纪发射市场的大门，并继续为中国航天建功立业。

作者系四院驻内蒙古指挥部主任

亚洲一号卫星地面设备研制记

王 瑞 铨

1990年4月7日，我国用长征三号运载火箭发射亚洲一号通信卫星，获得圆满成功。

为满足亚洲一号卫星（简称亚星）发射需要，除长征三号运载火箭发射配套用的地面设备外，15所还首次研制亚星密封容器、密封容器运输车、亚星集装箱运输车、整流罩空调连接器等7项主要专用设备，增补了国内空白。亚星密封容器和运输车的主要功能是在运输和转载过程中保护卫星，并提供它所需要的各种环境条件。整流罩空调连接器的作用是当卫星和运载火箭对接之后，给整流罩内的亚星提供洁净的空调气体，并在射前负20分钟时可靠脱落。我有幸参加了这次发射及亚星所用地面设备的研制工作。

中国人迎波音机，外国人登中国车

1990年2月12日上午12点35分，一架

硕大的美制波音 747 货机,装载着亚星及其相关设备平稳地降落在西昌机场上,等待迎接亚星的人们迅速奔向飞机,经过互相问候和简短的磋商,列队的多种运输车依次有序地驶向波音飞机,卸下 11 个集装箱。我们研制的亚星密封容器、运输车和集装箱运输车色彩鲜艳,特别引人注目。

人们纷纷举起照相机希望留下这一珍贵的历史镜头。然而,外国公司的技术人员却围着中国制造的运输车忙个不停,有的绕车一周,有的弯下腰观看车上那结构轻巧的悬挂系统,有的干脆坐在离地仅 800 毫米高的车上留影。老外们的摄像机更是忙个不停,不放过车上的每个部分。他们为这个小巧玲珑的元宝型运输车感到惊异。加拿大电信卫星公司的高级工程技术人员陆宾(ROBBIN)在焦急地寻找中国技术人员。当找到我时,陆宾详细地询问了这辆车的结构和技术性能。

下午 5 点,我们的两辆运输车载着亚星和反推火箭的四个集装箱缓缓地驶离机场。根据安排,允许美国休斯公司两人上车(含一名翻译),但他们硬是挤上来 5 个人。一个在驾驶室,其余的人上了车厢,轮流监视运输过程中的测振仪记录的加速度过载值。他们中的一人还不断地用对讲机,向前方导引车上休斯公司负责人报着加速度过载值。当运输车经过 50 公里运输,安全抵达卫星发射中心卫星测试厂房门口时,我问陆宾对运输有什么感受,他回答"Very good(很好)!"我接着用英语问他,愿不愿意给我们写点什么意见呢,他拿过青年设计员陆友林手中的本子,写下了一段话:"Excellent design in all X、Y、Z axes Smothride! Congratulation an efficient design"(这是最优秀的设计,在 X、Y、Z 三个轴方向非常平稳,祝贺你们的高效设计)。

这时回想起最初设计的日子。那是 1987 年 2 月 20 日,于龙淮副院长通知我所,要我们为发射亚星任务承担卫星容器和运输车的设计任务,并要求在年底以前拿出合格产品。任务很艰巨,也很

光荣。但是任务的具体细节和产品设计的要求我们一无所知。我们在车辆设计方面有经验，但是设计卫星密封容器和高性能运输车对我们来说还是首次。过去国内星从不用容器运输，减震要求也很一般。我根据一张美国运输卫星容器的照片，以及阿里安火箭用户手册中有关卫星密封容器的三条简单技术要求：容器要用连续干燥氮气吹除；运输中最大的垂直加速度为 0.5g，水平加速度为 0.3g；卫星用螺栓直接连接在 1920 毫米直径的底面上，我开始正式布置任务：一是了解亚星的性能尺寸；二是加强与有关设计部门的协调，以便明确容器在发射场的工艺流程，落实设计指标；三是组织队伍开展方案论证工作。

3 月 4 日，在召开的有关单位参加的协调会上，我介绍了对容器和运输车的设计要求、技术难点、方案设想、容器和整流罩上搭“见面”和“不见面”的两种程序、研制进度设想和存在的问题。这次会议明确由我们所提出的对开式卫星密封容器作为主案和外商谈判。容器温控用英文文本与外商协调。由于我们充满信心，论据充分，打消了引进国外高性能运输车的念头，而且要求我们所增加一辆高性能集装箱平板运输车的研制任务。

3 月 11～12 日，我和周孝琼、兰伟凤同志在远望楼宾馆参加中方与特雷公司为首的西方代表团的第一次亚星技术协调会。在这次会议上我们和美方就卫星密封容器和运输车的技术要求达成了一致认识，进一步明确了技术协调的内容和双方应提供的技术文件，确认了容器的结构方案和加温方案。

在这次会议之后，3 月 17 日上级主管部门又组织召开了一系列技术协调会。卫星密封容器由于受到西昌 3# 工位塔架平台承载能力的制约，最终确定容器的设计重量不超过 500 公斤，容器开启后在长度方向不超出 5800 毫米，端头方向宽度不超过 2500 毫米。因塔上空间不允许采用分装卸罐式(笼屉式)，会议再次确定容器采用对开式方案，3 月 24 日，正式由我和 27 基地孟庆华同志签

定设计任务书。5月19日上级机关正式下文批复任务书，并指示："按任务书的要求，抓紧开展工作，保证867任务的顺利执行。"

明知山有虎，偏向虎山行

从2月20日接受任务，到年底前生产出合格的产品——两辆车和一个容器，难度相当大。虽然过去我们有车辆设计经验，但火箭运输车过载的技术指标比卫星密封容器运输车过载要求要低得多，运输1.4吨卫星密封容器重量只允许有500公斤，载重比史无前例，风险很大。当时我们在容器设计中着重考虑的关键问题有：容器的整体密封性；正压保护技术；容器的重量和起吊中防止翻转问题。运输车遇到的技术关键是低车架小高度轻轴载油气悬挂。其中最难的有四个方面：一是如何达到过载要求，二是如何减轻容器重量，三是如何保证密封，四是如何检测过载和环境参数。

为了祖国的荣誉，参加这一工作的周孝琼、兰伟凤、孙翠娥、杨昭儒、吕业燕和其他20多名同志没有退却，昼夜加班，连续苦战三个月，按时完成了设计任务。当时15所三楼，重现60年代灯火辉煌的景象，一切为了"867"，一切服从"867"，一切想着"867"。大家只有一个信念，外国人能办到的，我们一定能办到，而且还要比外国人办得更好。

为保证运输车有良好的性能，传统的减震元件包括第一代油气悬挂已不能满足要求，陆友林同志从难设计了结构较复杂的反压气室的油气悬挂，整车设计时悬挂采用串通式油气弹簧平衡悬挂，利用串联技术使得车辆平顺性大大提高。为了一次成功，反压气室的油气悬挂在方案设计阶段就提前研制出试验件，经过台架试验证实，这种弹性元件性能明显优于板簧和不带反压气室的油气悬挂，从而为研制高性能运输车奠定了基础。

为减轻容器的重量，在设计中对主要承力的底架，采用钢制构

件，而容器本体采用高强度的铝镁合金，在蒙皮和骨架之间充填硬制聚氨脂泡沫塑料，开合容器的导轨选用16Mn钢，设计时允许导轨有弹性变形，以避免刚性过大而导致重量增加。

为保证13米长的密封面有较好的密封性能，决定采用平面加压和高纯氮气自动补偿正压保护相结合的办法，为此专门研制定时定量自动补压系统和新的闭孔密封带。氮气的自动补偿技术为卫星正压保护解决了一大难关。

由于卫星质心在容器上部，质心位置高，易在起吊过程中翻倒，但又因重量的限制不宜采用传统的十字梁吊具，为此专门在容器上设计了低吊点，上设辅助稳定点的单梁起吊方式，后来美方交口称赞这一新奇而巧妙的力学原理应用方案。

为了检验运输过程中X、Y、Z三个方向的振动加速度是否满足要求，对超过额定值时能实时声光报警及打印监测数据，我们研制了运输振动监测仪。当时国内尚没有实时连续监测振动加速度参数并实时计算、显示、打印结果的设备，传统的监测设备无法胜任。齐玉成和尉培旭在研制中克服了较恶劣的车载环境与隔离抗干扰、连续长时间监测稳定性之间的矛盾。普通计算机与较大的存贮空间，较快运算速度之间的矛盾，空间条件限制造成的要求振动监测系统体积小与功能齐全之间的矛盾，实现了产品智能化。该设备可实时采集数据，实时处理数据，实时数字式显示结果，实时连续打印结果及蜂鸣报警、分级声光报警，随时调控运输状态。

严峻的考验

在上级领导和总师系统的亲切关怀下，亚星地面设备先后经过方案评审、设计评审、生产研制，1987年12月23日～24日在山西519厂进行了出厂验收，年底运抵西昌基地。由于西联公司倒闭，这些设备在1990年亚星发射时才正式投入使用。

1990年元月，两辆公路运输车接受基地第一次考核，事先我们一无所知。西昌卫星发射中心为检验我们研制的两辆车在实际运输条件下三向振动加速度值，专门出资请国防科技大学一系研制了一整套加速度测量设备。元旦在西昌基地进行实际路况下的全程考核。参加试验的除两辆新车外，还有一辆普通平板运输车一起参加对比复测。复测结果得出的结论是："振动加速度值与路面状态、车速及车速平稳性直接有关，横向水平加速度与路面、转弯及错车直接有关。具有减震措施的拖车，垂直方向的振动加速度明显降低。""只要路面平稳，车速不要太快，并且驾驶平稳，可使振动加速度控制在规定的标准内(水平方向的加速度<0.3g，垂直方向的加速度<0.5g)。"无疑基地落下一块石头，心里踏实了。

2月12日，卫星密封容器运输车，参加固体反推火箭的运输，卫星集装箱运输车参加亚星三个集装箱的运输任务。

2月21日～3月10日，在西昌卫星发射中心进行亚星有关项目的合练，15所参加合练的新设备有：卫星密封容器、卫星密封容器运输车、卫星集装箱运输车、整流罩垂直停放平台、整流罩吊具、空调连接器、空调连接器供气系统(包括解锁供气盒、脱落控制盒)。合练取得圆满成功。

在合练中，3月5日美方参观了空调连接器的脱落试验，休斯公司卫星操作负责人马克先生说："很好！空调连接器的连接和脱落都非常出色，就像阿里安火箭。"经过运输和合练，应当说美方已没有什么意见。但是正式转运亚星前，休斯公司亚星总负责人江可达在协调会上突然提出，要求在容器上安装振动加速度监测装置和温度监测仪。这意味着考核没有到此为止，美国人还有疑虑。美方要求在容器里面打孔固定监测仪器，这是协议和合同上从来没有明确过的。当时有人表示不同意。我觉得这是美国人还不太相信中国的技术水平，拒绝只会增加美方的怀疑。我提出打孔固定不可能了，这样会破坏容器的密封，请美方采用其他固定方法。会上

美方简单商议一下，决定在容器内部用胶带固定温湿度监测仪，用卡具在容器底架平面安装机械式加速度测振装置。3 月 27 日正式转运亚星时，中美双方的监测设备都同时进行监测，这是一场严峻的考核和技术较量。美方仪器记录的结果：运输中的振动加速度幅值几乎是一条很小的直线，他们对我们说："Very small！Very small！（非常，非常小！）。"我们自己的打印记录在三个方向也小于 0.3g。容器内温度始终保持在 20℃左右。美方为此写下了"Transpotation to launch successfully completed"（运输到发射场完全成功）的公正评语。

笑在最后

事实胜于雄辩。它向全世界表明，中国航天人的技术是可信的、过硬的。从此之后，无论是澳大利亚卫星还是亚太一号卫星，再也没有一个外国人提出要在我们的车上和容器上装他们的监测仪器。亚星发射成功标志着中国航天技术跻身于国际市场，并向全世界庄严宣布中国有足够能力承揽商用通信卫星的发射。

从 1987 年 2 月底接受任务到 1990 年 4 月 7 日发射结束，"867 工程"画了一个圆满的句号。卫星密封容器、卫星密封容器运输车和集装箱运输车、小型定值报警振动监测仪、远控自动脱落连接器，获得两项部级科技进步二等然、三项部级科技进步三等奖。它们填补了国家卫星运输技术的空白。参加研制的不少同志现在已经退休，一些年轻同志也已锻炼成为技术骨干。回忆往事，历历在目，不能不说有惊有险，有苦有乐。回顾这段历史，我们不会忘记这些老同志在"867 工程"中作出的贡献。同时我们要总结有益的经验，继承发扬这些老同志艰苦奋斗、顽强拼搏的精神，赶超世界先进水平。

作者系一院 15 所副总工程师、研究员

卫星振动试验走向世界

田 振 中

1988年4月，我受命负责完成返回式主星和瑞典弗利亚为搭载星的联合振动试验。该试验的试件重、尺寸高、质心大、结构复杂，同时试验要求高，技术难点也多，这是国内首次进行的一项高难度试验。要完成这个试验，并非轻而易举的事，必须攻克一个个技术关键，克服各种困难，付出极大的艰辛。

我虽有做过十几颗返回式正样发射星整星振动试验的经验，但做双星联合振动试验还是首次。国内无经验借鉴，且弗利亚卫星又是正样发射星，责任之大，可想而知，所以总有点提心吊胆。但我想，我是共产党员，党培养我多年，现在党需要我冲锋陷阵做好试验，我不能辜负党对我的培养和信任，要为国争光。

就这样，我全身心地投入到试验准备工作中去，下功夫吃透联合振动试验的技术要求，振动测量要求以及鉴定级、验收级振动条件和试验内容与试验场地要求等。

首先，瑞方要求要有一个60平方米、10万级洁净度、温度在22℃、湿度为55%的卫星储存间，本想对20吨试验厅北侧行政处的库房进行简单改造，作为弗利亚卫星储存间。1988年6月瑞方来20吨试验厅参观，我将这个想法告诉了他们，当时瑞典宇航公司卫星工程经理皮特·拉斯曼先生直摇头，表示不同意。为此院领导决定，拆掉库房，专建净化间。我立即组织人员进行土建工艺设计，由院基建部进行土建设计和施工，于1990年2月全部完工，落成后改善了20吨试验室的面貌。

与此同时，订购了数字振动控制设备，以及先进的数据分析处理设备，由我编写了试验大纲、方案、程序、流程。1990年2月组建了试验队伍，并授权于我指挥调动。为完成好这次试验，我进行了严密组织，规定了全体参试人员的岗位、责任、工作态度、对外纪律，要求每个工种编写出正确的操作规程，以保证工作质量和安全。为更好地确保试验的安全、质量和进度，组织全体参试人员，围绕安全、质量、进度，提出合理化建议，规定建议有奖，采纳的建议重奖，调动了全体参试人员的积极性，为试验的安全、高质量、快进度打下了坚实的基础，同时，还成立了QC小组。

接着，进行了主星搭载舱联合三向正弦扫描、随机振动合练试验，检验试验技术、测量系统、振动设备能力，也是对全体参试人员的实战合练，为正式鉴定级试验在试验技术、试验设备、试验人员工作素质等方面作好了充分的准备。

1990年2月23日，弗利亚卫星(结构星)到达20吨试验厅，瑞典宇航卫星制造厂人员看到大面积、洁净的卫星储存间和外宾工作间后，感到十分惊奇，当时皮特·拉斯曼先生说：刚刚一年，变化真大，中国人效率太高了。同时，瑞典宇航公司的安娜小姐、卫星制造厂的沃里克先生也作了同样的赞许。沃里克还表示，他们对振动试验成功充满信心。

2月24日开始试验准备，规定每天上午8点30分至9点进

行工作例会，院、所领导决定由我和陈振官同志统一对外，参加每天工作例会，翻译由张欧骐同志担任。准备期间瑞方由卫星制造厂的沃里克代表，试验开始后由瑞典宇航公司的皮特·拉斯曼代表。每天工作例会决定一天的工作内容，协调中瑞双方的分工。整个试验期间，工作例会进行得非常顺利，气氛良好，我方对瑞方提出的加工、租借仪器和所需器材，都能按时提供，为此沃里克先生满意地说："中国人说到办到，工作效率高，令人佩服。"

在这里要特别提及的是，在Z(轴)向低量级0.2g正弦扫描预试中，从100Hz向下扫至35Hz，发生了控制保护停止扫振现象。原因是弗利亚星34Hz与主星35Hz出现频率耦合，造成大的反共振现象。从测量数据得知，弗利亚卫星太阳帆板测点在34Hz响应达67.4g，它的放大倍数为337倍。为了能将试验进行下去，在当天晚上，我们组成了五人攻关小组，由我任组长，大家集思广益，提出解决办法，将弗利亚卫星太阳帆板测点130点参加响应控制，连夜进行0.1g正弦扫描预试，结果预试成功。第二天工作例会上，我提出将0.2g正弦扫描预试改为0.1g，瑞方表示同意。由于皮特·拉斯曼根据0.2g正弦的扫描预试取得的数据也发现弗利亚卫星太阳帆板响应放大倍数为337倍，因而提出弗利亚卫星太阳帆板测点130点要响应控制，这真是不谋而合，但他对0.1g正弦扫描成功表示怀疑，结果进行0.1g正弦扫描成功。在场的瑞方人员全体鼓掌，尼尔森当场表示"这是超欧洲水平"(欧洲只能作0.2g正弦扫描)。在场的我方人员都十分激动和喜悦，我本人更是激动万分，试验作出了高水平，是对我们试验小组全体成员日夜辛劳的最大回报。

由于试验组织管理严密，工作现场秩序井井有条，我方参试人员礼貌待宾，工作认真负责，效率高，试验进行十分顺利，在10个工作日内完成了三个方向的振动试验(每向5次)，共15次正弦扫描振动。随机振动试验，振动测点多达185点，数据成功率100%，

每次试验后数据分析处理工作量非常大，试验安全、可靠、质量好、进度快，圆满地完成了鉴定级双星联合振动试验。瑞方表示十分高兴和满意。

在试验期间，王德臣副院长、于龙淮副院长、龙乐豪副院长、黄怀德代所长、周锦扬副所长、赵本文主任，都多次亲临现场指导，关心试验，极大地鼓舞了全体参试人员。

鉴定级联合振动试验结束后，瑞方在香格里拉饭店宴请王德臣副院长、黄怀德代所长、周锦扬副所长及我方全体参试人员，皮特·拉斯曼先生祝酒时说："对万源公司、702 所出色而圆满地完成这次试验，表示十分高兴和满意。"而后瑞方用中文集体演唱了歌曲《学习雷锋好榜样》，当时场内气氛十分活跃，皮特先生还唱了几首瑞典歌曲，场面热烈，激动人心，使人难忘。我当时想，雷锋精神不仅扎根于中国人民心中，时刻在激励着我们，也深为瑞典人民所喜欢，真是雷锋精神传四海。

1991 年 11 月 22 日，弗利亚正样发射星到达 20 吨试验现场，开始进行验收级振动试验。这次试验，搭载舱为正式上天部件，主星是正样检验星，试验的安全、质量十分重要。所以，在这之前，我对上次鉴定级试验，在试验技术、数据分析处理、试验安全、质量管理、试验设备等方面进行了系统总结，对不足之处，作了深入研究，采取了相应措施。例如，振动控制如何提高精度，排除 50Hz 干扰，调整压缩曲线，改造水平滑台，设计加工了弗利亚模拟星等工作。又进行了搭载舱弗利亚模拟星、主星的联合预试，按验收条件进行正弦扫描振动随机振动、反复考核试验技术的正确性，并检验有无不足之处。经过联合预试，考核了振动系统、振动控制系统、测试系统，合练使全体参试人员心中有数。因而在试验技术方面，试验设备安全、质量等方面准备十分充分，所以验收级联合振动试验由 1991 年 12 月 2 日开始至 12 月 5 日，提前 5 天，圆满完成。试验安全、质量、进度创最高水平，数据成功率 100%，瑞方十分高兴。皮

特·拉斯曼先生给出了书面评价，评价如下："瑞星/主星联合验收振动试验的准备和正式试验已由北京强度环境研究所完成，瑞典宇航公司对这次试验的出色完成表示非常的高兴和完全的满意。"

"瑞典宇航公司特别就北京强度环境研究所所有参试人员的出色表现和试验设备的良好状况指出下述几点：

输入加速度控制精度有了大幅度改善；

对瑞星响应曲线的处理非常迅速、及时；

对技术安全协议的严格遵守；

特别提出对田振中先生表示谢意，感谢他在振动试验中对所有事项管理有素。

……

对于弗利亚，我们确信，在欧洲的设备上，我们不会取得如此试验结果。"

在于中国北京强度环境研究所的专家们为西方国家的卫星进行振动试验的消息，由新华社播发后，被中、外许多报纸刊载，影响很大。

经过返回式卫星主星/瑞典弗利亚卫星联合振动试验，使得中国航天的振动试验走向世界。每当我回想起这段难忘的经历，心情总是激动不已，心里充满了自豪感。

作者系一院702所高级工程师

航天国际合作的成功发展

王秀亭　罗　格　何少青

党的十一届三中全会以来，改革开放政策为我国航天事业的对外交流与国际合作，提供了很好的机遇。

1977年9月，中国航天技术代表团首次访问欧洲，赴法国进行了空间技术考察。1978年8月和11月，航天代表团访问了日本和美国国家航空航天局（NASA）。从此长期与西方各国在宇航方面几乎隔绝、很少来往的局面终于打破了。

一、扩大对外交流与合作

80年代中期以来，我国航天系统每年约有2000人次出访、约400人出席各种国际学术会议进行科技交流，商谈技术贸易合作。

近年来，在巴黎、法恩伯勒、新加坡和汉诺威等处举办的大型国际航空航天博览会上，我国航天部门都派出阵容较强的展团，以卫星、运

载火箭的实物及模型和多种高技术产品和民用产品，展示了我国航天成就，促进了经贸来往和国际合作。

随着改革开放的深入，海峡两岸的交流也不断增多，仅1989年和1990年两年间，就有数百名台胞参观访问了中国航天设施。他们为祖国航天事业的成就感到自豪，并为祖国航天事业的发展献策尽力。

1990年10月17日，“何鸿燊航天科技人才培训基金会”在香港成立。这体现了海外有识之士对我航天事业的发展所寄予的厚望。

二、发射服务进入国际市场

中国政府于1985年10月宣布：长征系列运载火箭投放国际市场，承揽对外发射服务。这是中国航天技术对外进行国际合作与交流的一个新起点。

1987年8月和1988年8月，中国在发射返回式卫星时，先后为法国马特拉公司和德国宇航公司提供了搭载服务，进行微重力试验，并首次邀请了一些国外用户在酒泉卫星发射中心参观卫星发射实况。随后，又于1990年7月和1992年10月分别搭载发射了巴基斯坦和瑞典的卫星。

中国运载火箭投放国际商业发射服务市场，在一些国家和公司引起了不同的反响。为此，1988年8月航空航天工业部林宗棠部长向报界发表谈话，重申了中国政府对外发射服务的各项政策，指出：外国卫星送到中国发射，其技术安全是完全有保证的，中国在对外发射服务中不谋求国外卫星的任何技术秘密；由于中国火箭制造能力和发射能力有限，中国的对外发射服务只是对世界发射服务市场的一种补充，为用户提供一种新的选择，决不会对欧美发射服务商构成“威胁”；中国发射服务的价格比较优惠是综合因

素决定的，根本不存在“政府补贴”和“倾销价格”之说。

为了使中国的外层空间活动的国际合作得到法律保证，全国人民代表大会常务委员会于1988年11月通过了中国加入三个外空条约的决定。这三个条约是：关于援救宇航员、送回宇航员及送回射入外空之物体的协定；关于外空物体所造成损害之国际责任公约；关于登记射入外层空间物体的公约。同年12月，中国政府正式完成了加入上述三个条约的手续，为中国航天走向国际市场提供了重要保证。

中国长城工业公司作为中国政府批准的经营对外发射和卫星合作业务的唯一外贸企业，于1988年11月，经过较长时间谈判同美国休斯公司（总承包公司）签订了用长征二号E火箭发射澳大利亚两颗通信卫星的合同，1989年1月同亚洲卫星公司签订了用长征三号火箭发射亚星一号卫星的合同。

与此同时，1988年9月2日美国里根政府通过其驻华大使洛德向中方提出，中、美两国政府完成中国对外发射服务有关协定的谈判后，美国才同意发许可证把美国公司的卫星运到中国发射。经我国务院批准后，由中国航空航天工业部、国防科工委和外交部联合组成的中国代表团，由孙家栋副部长任团长，于1988年10月18日至21日在北京钓鱼台国宾馆同美国代表团开始了第一轮会谈。外交部刘华秋副部长、航空航天部刘纪原副部长和国防科工委副主任沈荣骏等会见了美国代表团。美国代表团团长是美国国务院负责经济商务的助理副国务卿尤金·麦卡里斯特，代表团由美国国务院、商务部、运输部、国防部、安全部和NASA等部门的官员组成。同年12月1日开始在美国华盛顿举行了第二轮会谈，谈判是紧张、艰苦和曲折的，有谅解和友好的一面，但也有激烈的争论。白天代表团在美国贸易代表处谈判，晚上我们回到我驻美使馆，连夜进行研究，使馆科技处陈保生参赞等同我们一起研究，重大问题请示韩叙大使。谈到发射数量时，双方僵持不下，我们连夜

请示国内，根据国内指示的原则，关于发射数量的谈判取得了圆满的结果。双方终于在1988年12月17日和1989年1月26日先后在华盛顿正式签署了两国政府间关于发射服务方面的三个协议，即《关于卫星发射责任的协议备忘录》、《关于商业发射技术安全的协议备忘录》和《关于商业发射服务国际贸易问题的协议备忘录》。

1990年2月12日，美国波音747专机载着美休斯公司研制的亚洲一号卫星降落北京，当日飞抵西昌机场，把卫星运进西昌卫星发射中心。在此期间，中、美两国政府以交换外交照会的形式，达成政府间《关于卫星发射责任的协议备忘录》。4月7日，在来自世界20多个国家和地区的300多位外宾的瞩目中，写着"中国航天"四个大字的长征三号运载火箭拔地而起，把亚洲一号卫星准确地送入预定轨道。这标志着中国的运载火箭开始进入国际商业发射服务市场。

从亚星合同的签订到发射成功，我国自始至终信守中美两国政府达成的三个协议，美国的卫星技术安全得到了充分的保障，双方都感到满意。

中国的发射服务进入国际市场，也充满了曲折和干扰。在执行亚星一号发射合同期间，1989年6月4日美国无理暂停发放运往中国发射亚星一号的许可证，使中美航天合作蒙上了阴影。经中方各部门和中国驻美使馆的共同努力，同美方进行外交交涉，林宗棠部长和刘纪原副部长也先后会见美国驻华大使和商务官员，促使美国政府于1989年9月29日解除了亚星和澳星许可证暂停令，恢复了技术协调。1989年12月19日美国总统布什批准发放运往中国发射一颗亚星和两颗澳星的许可证，排除了执行合同的最大障碍，使亚星发射合同得以顺利执行。

在执行发射服务合同中，美国曾先后于1991年和1993年无理宣布对我进行制裁。但由于我外交部、国防科工委等各部门和我们的共同努力及国外朋友的帮助，克服了种种干扰和困难。我们于

1992年8月14日和1994年8月28日先后把两颗澳星(澳普图斯卫星)用长征二号E运载火箭送入太空,胜利完成了我国签订的第一批三个发射服务合同。使我国的发射服务在世界市场上占有了一席之地。

到1998年3月26日,我国的长征系列运载火箭已进行了50次飞行。我国的国际商业发射服务在长征火箭飞行中占有重要地位,其中实施了15次国际商业发射服务协议,还提供了5次国际搭载服务。这是我国航天事业发展史上值得纪念的里程碑。

为了今后发射服务工作的需要,中美两国政府于1993年2月11日在北京签署了《关于卫星技术安全协议备忘录》,航空航天部科技委主任孙家栋代表中方签字,代表美方签字的是美国驻华大使芮效俭,国防科工委沈荣骏副主任等出席了签字仪式。该协议替代了1988年12月17日两国签署的卫星技术安全协议备忘录。

随后中国长城工业公司和各兄弟单位互相配合,与外商签订了多个发射地球同步轨道通信卫星的合同。在发射低轨道通信卫星项目中,我们在铱星和全球星的发射中都拿到了一部分发射合同。尽管由于俄罗斯等国进入发射服务国际市场,使竞争更加激烈,但在经历了困难和曲折后,我国的发射服务所取得的成绩使航天人感到自豪。

三、国际合作的新进展

中国政府十分重视并积极支持发展同各国航天界的国际合作与交流,并签订了有关航天领域的合作协议及纪要。

1988年7月,中国和巴西两国外长在北京签订了中、巴《关于核准联合研制地球资源卫星的议定书》。1988年11月,航空航天部林宗棠部长随李鹏总理访澳大利亚时,林部长同澳大利亚工商技术部长签署了两部会议纪要。航空航天部还和苏联通用机械工

业部签订了《空间合作协议》。

南京晨光机器厂在香港承建的佛体高26米、重约200吨的香港天坛大佛工程中，刘纪原副部长任工程总指挥，经过两年的努力，大佛已成功地建造在香港大屿山木鱼峰顶。该项目是1986年签的合同，1990年1月天坛大佛工程竣工，在香港佛教界乃至在东南亚地区都受到了普遍赞誉。这不仅使“中国航天”扬名中外，而且也是航天技术转为民用的一个良好例证。

从1986年到1990年底，航天工业系统已经同世界上70多个国家和地区建立了经济技术合作和交流关系，开办了40多个中外合资企业，从国外引进、建成了39条民品生产线，我们的几十大类、数百种机电产品销往世界五大洲市场，航天国际合作取得了丰硕成果。

四、加速中国航天走向世界的步伐

1993年6月6日成立了中国航天工业总公司(以下称航天总公司)暨中国国家航天局。这是进一步改革与开放的需要，也是发展中国航天的良好机遇。

根据中央关于建立社会主义市场经济体制若干问题的决定，航天总公司提出了“发展航天，加强民品，提高效益，走向世界”的总方针。总结和回顾了40年的发展和对外进行国际合作与交流、外经外贸、引进外资等国际空间合作的经验和教训，刘纪原总经理提出了开展国际空间合作的四项原则：

1. 和平利用空间资源，发展卫星及应用技术，为发展经济、促进人类社会进步服务。

2. 在平等互惠、取长补短、共同发展的基础上，开展国际空间技术合作。

3. 坚持自由、平等、合理竞争的原则，开展卫星发射服务和卫

星及空间技术产品的贸易活动。

4. 发达国家应当帮助发展中国家发展空间技术和利用空间技术发展经济。

根据航天总公司的总方针和国际空间合作的四项原则，我们积极开展了国际合作工作，为中国航天走向世界服务。从90年代初以来，航天的国际合作与交流有了新的发展。

中国与巴西地球资源卫星的合作 中巴资源卫星的合作，在中央领导的关心、支持和航天总公司领导的指导下，取得了很大进展。中巴两国政府1988年7月核准联合研制地球资源卫星，经过几年的努力，取得了实质性的进展。1993年9月，国家航天局局长刘纪原访问巴西，与巴西科技部签订了中巴资源卫星研制重大事项协议，落实了项目经费。同年11月巴西科技部长访华，双方签署了中巴资源卫星发射服务合同和中巴资源卫星及相关领域进一步合作备忘录。11月21～27日刘纪原局长随江泽民主席访问巴西，刘纪原与巴方签订了中巴两国《关于和平利用外层空间的议定书》，江主席出席了签字仪式。会谈中，江主席说：中巴航天领域合作得很好，刘局长他们和你们合作得很好，中巴航天合作是高科技领域合作的典范。

1995年11月巴西总统访华时，刘纪原局长与巴西科技部签署了中巴《关于加强和扩展中巴空间技术合作的备忘录》，随后即成立了中巴联合工作小组并开始工作。中巴该合作项目的总投资为1亿5千万美元，中方承担70%，巴方承担30%，用中国的运载火箭发射，合作进展顺利。

积极开展同欧洲的合作 1993年10月航天总公司刘纪原总经理访德，与德国宇航公司草签了合作备忘录，确定了双方以合资公司的方式，联合研制新一代大容量通信卫星，开发通信卫星国际市场。同时，国家航天局刘纪原局长同德国科技部长签署了联合声明，双方肯定了1984年中德签署的《关于民用空间科技合作的议

定书》继续有效，积极支持中国航天工业总公司与德国宇航公司的合作。

1994年7月，华德公司正式成立，李鹏总理出席了在德国慕尼黑举行的揭牌仪式，夏国洪副总经理参加了这一仪式，华德合资公司的成立为双方的合作奠定了基础。1995年6月刘纪原总经理率团出访欧洲三国时，签署了联合研制鑫诺卫星的有关文件，卫星由法国宇航公司负责生产，从而使中法双方的合作有了实质性的进展。该鑫诺卫星于1998年7月18日在四川西昌卫星发射中心用长征3号乙火箭发射成功。中国和欧洲各国在航天领域的合作有广阔的前景。

1995年白拜尔副总经理出访法、德等国，夏国洪副总经理访问法国。他们的访问对推动航天总公司同欧洲各国的合作产生了积极作用。

在此期间，我们还邀请欧洲的法国宇航公司、德国宇航公司、英国马可尼公司、意大利阿莱尼亚公司等和欧空局的领导人来航天总公司访问，商谈落实双方的合作项目，使双方在航天领域的合作进入了一个新阶段。

抓紧对美国、加拿大及拉美的合作 中美双方在发射服务方面的合作尽管有种种干扰，但总的来说，还是取得了明显的进展。

1993年3月，航空航天部刘纪原副部长率团访问美国主要航天及电子方面的公司，并拜访了美国国务院的官员，同休斯公司、通用汽车公司、DEC公司、惠普公司分别商谈了在卫星、发射服务、汽车、电子和计算机等各方面的合作。随后，我们同DEC公司建立了华迪计算机有限公司。为了推动中美合作的进展，1993年6月28～30日，王礼恒副局长率团出席了在美国加州举行的第27届联合推进会议，并访问了休斯、麦道、TRW和高信公司等，增进了相互了解，促进了航天技术在国际上的交流与合作。1994年3月中旬，夏国洪副总经理率团赴美国芝加哥、华盛顿、纽约及旧金

山进行航天总公司在美的招商,并在芝加哥参加了展览,为三大支柱民品开拓市场,取得了良好的效果。1995年1月16日,在北京举行的中美科技合作第六次联委会第二次会议上,国家航天局副局长王礼恒与出席会议的美国国家航空航天局同行,探讨了中美双方在航天方面的合作。为了落实同美国各航天公司的合作,1995年1月26日张新侠总经济师率团访问了劳拉公司、马丁公司、休斯公司以及法国宇航公司和英国马可尼公司等,商谈合作项目和具体的落实办法。

1995年3月,由国务院授权,国家航天局刘纪原局长代表中国政府和美国贸易代表坎特大使在北京签署了中、美两国政府《关于商业发射服务的国际贸易问题协议备忘录》,国务委员宋健和国防科工委副主任沈荣骏等出席了签字仪式。

1995年5月2～4日,国家航天局王礼恒副局长赴华盛顿出席由美国航空和宇航学会、国家航空航天局等部门主持召开的1995年全球航空和空间大会,会后王礼恒副局长参观航空航天局的哥达德宇航中心,并访问了铱星公司总部、国际卫星组织总部、美国国家航空航天局总部,并参观了洛克·马丁公司和美国联合技术公司,商谈双方合作事宜。

1995年11月,加拿大航天局领导人访华,中加签署了两国航天空间合作备忘录。1996年6月17日航天工业总公司五院504所和加拿大COM—DEV公司成立了合资公司,合作项目已经起步。

在此期间,航天工业总公司领导人在京多次接待来访的美国宇航公司的领导人、加拿大航天局的领导人,商谈双方的合作,大大推动了双方的经济技术合作、合资公司的建立及外方来华投资的工作。

加强同俄罗斯、乌克兰等国的航天合作 这是我对外国际合作的重要组成部分。

1994年3月21日～4月4日，国家航天局副局长王礼恒率团访问俄罗斯和乌克兰，在和平利用与研究宇宙空间技术方面与其签订了"议定书"和"会谈纪要"，代表团还参观了俄、乌的航天设施，并具体讨论了合作项目的落实和进展。

1994年6月中旬，国家航天局副局长栾恩杰率团访问俄罗斯和白俄罗斯，参观了有关航天企业和设施，与有关单位和部门进行了会谈，有力地推动了双方的合作。

经过精心准备，1995年12月4日乌克兰总统库奇马访华期间签署了中乌两国政府和平利用宇宙空间合作协定。国家航天局刘纪原局长与乌克兰国家航天局局长涅果塔举行了会谈，并陪同库奇马参观了二院仿真中心。

大力发展同亚洲周边国家的合作 发展和加强同周边国家的合作，是开展国际合作的重点之一，刘纪原总经理对此事十分重视和关心。

1991年12月9日，航空航天部刘纪原副部长在北京同巴基斯坦签署了《关于航天科技和平利用的合作协议》，同年12月19日，刘纪原副部长随李鹏总理访问印度时，在新德里签署了中、印《关于和平利用外空合作谅解备忘录》。

1992年11月航空航天部王礼恒副部长率团赴日，出席了东京国际空间年大会，参观了日本空间设施，并就双方在航天领域的合作进行了商谈。

1992年12月在北京成功地召开了亚太地区空间技术与应用多边合作研讨会，江泽民主席接见了各国代表团的全体人员。会上提出筹建"亚太空间合作组织筹委会"的建议。1994年1月在泰国召开了亚太多边合作会议，国家航天局王礼恒副局长率团出席了会议。1995年4月在巴基斯坦召开了亚太多边合作会议，国家航天局栾恩杰副局长率团出席了会议，会后栾副局长还访问了印度，推动、落实双方的合作。1996年5月又在韩国召开了亚太多边合

作会议，探讨合作和落实小卫星项目的合作。

参加和组织国际宇航会议 1992年9月，航空航天部科技委主任孙家栋率团出席在华盛顿召开的国际空间年大会。1993年10月和1994年10月，中国宇航学会理事长刘纪原率团，分别出席了在奥地利和以色列举行的第44届和第45届国际宇航联大会。1995年10月白拜尔副总经理率团出席了在挪威举行的第46届国际宇航联大会。

1996年10月在北京举行了第47届国际宇航联大会和各国空间局局长论坛会议，大会于10月7日在北京人民大会堂隆重开幕，来自世界50个国家和地区的1200名代表参加了本次大会。国家主席江泽民在开幕式上作了重要讲话。他强调，中国政府和人民愿为和平利用空间资源和扩大空间应用范围，为人类的文明进步作出更大的贡献。李鹏总理10月8日在钓鱼台国宾馆会见了出席国际宇航联大会和空间论坛会议的各国航天局负责人。他说中国政府和中国航天界愿与世界各国开展广泛的合作。国务委员宋健作了题为"扩大空间技术应用，促进社会进步发展，开创21世纪的航天时代"的主题报告。国家航天局局长刘纪原主持了开幕式。会议期间还举办了国际宇航联大会展览会，中国、美国、俄罗斯、法国、加拿大、日本、德国、巴西、芬兰等14个国家的100多家公司和机构参加了展出。中国航天工业总公司副总经理王礼恒主持了展览会的开幕式。

这届大会得到我国政府的高度重视和支持。大会取得了圆满的成功，并将对日益发展和进步的国际宇航事业产生深远影响，并会对我国航天科技工业生产和对外开放产生重要影响。

从1997年至1999年初，我们接待了数百个外国宇航代表团，数以千计的外宾和台湾同胞参观了我国航天设施及西昌、酒泉和太原三个卫星发射中心，增进了相互了解。我国同法国、德国、美国、巴西、日本、巴基斯坦、泰国、印度、韩国、意大利、英国、瑞典、加

拿大、俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯、欧空局以及有关的国际空间组织进行了广泛的技术交流和一些项目的合作，并同上述国家和组织签订了有关空间技术合作协议、协定、合作议定书及备忘录。我们的航天国际合作有了良好的发展，我们要为中国航天更快地走向世界做好服务工作。

作者王秀亭系航天工业总公司外事司原司长；罗格系外事司副司长；何少青系副局级调研员

中国国际商业发射服务创业初期

司 学 武

1990年4月7日21点30分，我国的长征三号运载火箭在西昌卫星发射中心为亚洲卫星通信有限公司发射亚洲一号卫星获得圆满成功。从这个时间算起，追溯到1985年10月，共历经5年。

1985年10月，原航天工业部部长李绪鄂代表中国政府在一次记者招待会上正式向世界宣布："中国长征系列的长征二号和长征三号运载火箭正式投放国际卫星商业发射服务市场。"这个消息在中国乃至世界上引起了不小的震动。它是中国航天工业对外改革开放、"请进来、走出去"所产生的必然结果，也是中国航天技术从50年代创业发展到今天的一个必然结果。

中国运载火箭承揽国际商业卫星发射服务从此开始了艰苦创业的历程。国际商业卫星发射服务，对于我国航天事业来说，是一项崭新的事业。国际商业卫星市场发射价格及其定位，发射保险及其税率，发射风险，发射服务商业惯

例，涉及的国际空间法，所有这些对于从未涉足国际舞台的中国航天来说是一个全新的概念。

瑞典人对中国火箭情有独钟

中国，这个古老而又文明的国度，是火药和火箭发明的故乡，为世人所知。但对近代中国火箭的发展，对一个刚刚开放而又蒙着薄薄的一层面纱且又具神秘感的中国，世界对她的了解真是太少了。

1979年至1985年，随着中国改革开放的不断深入和扩大，怎样让世界了解中国的航天科技工业，特别是中国运载火箭的发展，只能是“请进来，走出去”。这几年我们先后接待了美国国家航空航天局、法国空间研究中心、英国空间中心、欧洲空间局代表团的访问。我们也先后派出了近百个科技代表团去美国、西欧考察航天工业发展的水平和现状。特别是在1984至1985年期间，原航天工业部部长张钧和李绪鄂先后出访西德、意大利、法国和英国，与这些国家的科技部、贸工部签订了政府间和部际间民用航天科学技术合作议定书。这些协议的签订，为中国运载火箭走向世界市场增强了信心，打好了基础。

我们的优势在哪里？1970年4月，中国使用长征一号运载火箭在酒泉卫星发射中心首次把中国的第一颗人造卫星送入太空。到1985年，中国先后研制了长征一、二、三号火箭，我们称之谓“长征系列火箭”。从1970年到1985年的15年间，我国利用长征系列火箭进行了17次发射，其中只有一次失败，发射成功率相当高，尤其是长征二号和长征二号丙火箭，更是这个家族中的佼佼者。

1985年11月，正在中国访问的瑞典空间公司代表团突然提出要参观中国的运载火箭。我接到这个信息，迅速作出反应，及时报告了当时任航天工业部外事司领导的邹泽清和于福盛。他们立

即指示我认真做好接待方案和安排,确定了向瑞典人展示中国火箭的实力和可靠性的指导思想。中国火箭技术研究院组织了以何克让副院长为首的会谈接待班子,并作出让瑞典空间公司代表参观211厂火箭总装车间的决定。瑞典空间公司代表团在其副总裁安格斯特朗先生率领下参观了中国运载火箭总装厂之后,与何克让副院长率领的中方代表团进行了会谈。瑞典空间公司空间预研部主任、代表团成员之一斯万格朗先生,对中国长征二号火箭真是情有独钟。据他介绍,他是一个业余无线电爱好者,在他家的房顶上架起了无线电接收机,从1970年中国发射第一颗人造卫星东方红一号就开始利用自制的无线电接收机接收中国历次发射卫星的无线电信号。他告诉我们,中国返回式卫星的发射时间,在轨道运行的时间,什么时间返回,他都能作出准确的判断。他称赞中国的长征二号火箭是世界上最可靠的火箭之一。这就是他之所以选择中国的长征二号火箭发射瑞典邮政卫星的初衷。在会谈中,何克让副院长和一院技术人员介绍了中国长征运载火箭的技术状态及发射记录。瑞方介绍了当时计划研制的一颗用于传输电子邮政信号的移动卫星的初步设想和参数。会谈后双方签订了关于使用中国的长征二号丙火箭发射瑞典邮政卫星的意向书。这是中国运载火箭承揽发射外星的第一份文件。这颗瑞典卫星后称为弗利亚科学卫星,1992年10月在酒泉卫星发射中心以搭载的方式发射成功。

第一个发射订座协议

1986年初,中国的第一个发射服务小组被派往瑞典。这个发射服务小组经当时的航天工业部副部长程连昌批准,由一院副院长何克让任团长。我有幸成为这个中国发射服务第一个开辟市场小组的一员,在团内担任翻译。出发时,北京已是数九寒冬,飞机抵达瑞典首都斯德哥尔摩上空时,从飞机上俯瞰整个瑞典,一片白雪

皑皑，真可谓北国风光。一下飞机，接待我们小组的就是瑞典空间公司空间预研部主任斯万格朗先生。他是一个训练有素、精明干练的业务领导人，为我们做了十分周密的安排。我们小组中还有黄作义同志，他也是中国运载火箭打入国际市场早期创业者之一、总体部高级工程师。他提出的利用长征二号丙火箭搭载发射瑞典邮政卫星二次变轨的技术方案，很快就说服了瑞典专家。双方经过几轮谈判，我们借鉴阿里安火箭公司的订座协议，首先抛出关于利用中国的长征二号丙火箭搭载发射瑞典卫星的发射订座协议草案，真是“现学现卖”。何克让副院长的谈判对手是斯万格朗先生。他对法国阿里安火箭、美国火箭商业谈判可以说了如指掌。但是，由于瑞典人早已认定长征火箭的可靠性，中国提出发射的技术方案可行，结果赢得了瑞典人的信赖。发射订座协议于 1986 年 1 月 23 日由何克让副院长和瑞典空间公司总裁路贝克代表双方在斯德哥尔摩签字。协议规定中方在收到瑞典空间公司支付给中方运载火箭 3 万美元订座金后生效。当时中国驻瑞典大使吴家淦为庆祝中国运载火箭承揽瑞典卫星发射定座协议签字在大使馆举行晚宴，招待瑞典空间公司总裁路贝克先生及其他主要官员。瑞典电视台、瑞典国家电台播发了中国运载火箭承揽瑞典邮政卫星订座协议签字的新闻消息。《人民日报》驻斯德哥尔摩记者当晚向国内也播发了这条新闻。一石激起千层浪，这一爆炸性的新闻首先在西欧、美国激起了巨大反响。美国新闻周刊惊呼，中国人真的来了，西欧各大报纸刊登阿里安公司总裁达莱斯特的评语：中国火箭要进入世界市场与阿里安火箭竞争还有相当一段距离，但阿里安火箭与长征火箭的竞争开始了。1986 年 1 月 28 日，中国第一个发射服务小组携带着刚刚签订的第一个发射服务订座协议，满怀喜悦的心情，途中顺访欧空局空间技术研究中心和荷兰福克空间公司时，刚进入阿姆斯特丹一个旅馆下榻打开电视，一幕美国挑战者号航天飞机载着 7 名宇航员起飞后 73 秒在空中爆炸的悲惨情景把我们惊呆

了。第二天我们去空间技术研究中心和福克公司访问，宇航界人士都为挑战者号航天飞机的惨祸而悲伤。在参观过程中，福克公司一位副总裁以半开玩笑的口吻问中国代表团，听说你们刚刚与瑞典空间公司签订了发射订座协议，是否有点趁火打劫?!何克让副院长说我们都是同行，都为航天史上这一悲惨事件而感到伤心。

但是，这一事件本身，以及随后美国大力神火箭、欧空局阿里安火箭相继发射失利，一时间，国际商业发射市场造成"真空"。我们中国人从来不乘人之危，而是天赐中国运载火箭进入国际市场的良机。真是机不可失，时不我待。

卫 星 市 场

中国的发射服务能否进入国际商业发射市场，关键是否能敲开美国的商用卫星制造商的大门。航天工业部领导审时度势，立即决定派一商业发射服务小组赴美国各大卫星制造公司考察，对美国商用卫星市场进行一次调研。1986 年 3 月底，航天工业部领导批准了外事司递交的赴美考察报告。发射服务小组由科研生产局副局长乌可力领队，成员有科研生产局总师陈寿椿、外事司司学武、一院黄作义、国办科工委作试部陈来兴。由于这是初创的推销方式，因此我们商业发射服务小组有三个任务：一是脚踏实地去了解情况，对美国卫星市场作出普查；二是推销长征三号火箭和抛出中国长征二号捆火箭技术方案；三是条件成熟的，能签订发射定座协议的就签。

小组在美国考察历时三周，考察了包括休斯公司、麦道公司、西联公司、联邦快件公司、RCA 公司、福特公司在内的十几家大公司。与西联公司、联邦快件公司签订了关于发射西联星六号和联邦快件公司卫星的意向书。总的印象是美国卫星制造商对使用中国的运载火箭表示出极大的兴趣。最积极的是休斯卫星通讯公司，其

次是麦道公司。麦道公司因其德尔塔火箭生产线停产，想立即恢复生产并非易事，急欲利用中国的长征二号火箭加上自己生产的卫星上面级承揽卫星发射业务，填补当时国际商业发射服务市场的空白。但美国政府未批准此项计划，后来未能如愿。

市场调查的另一项结果表明，商用通信卫星在朝着两个方面发展：一是卫星通信容量日益增加，向重型卫星发展，如休斯公司的 HS—601、RCA—3000；二是向功能单一化、低成本小型卫星发展。小组中黄作义是技术智囊人物，他提议："既然卫星制造商和用户才是真正决定购买我们火箭的人，为什么我们不直接向他们推销呢？"于是，我们在美国的推销活动首选美国休斯卫星公司，首推长征三号运载火箭，针对休斯公司生产的 HS—376 型卫星，宣传长征三号火箭的性能与可靠性；同时针对休斯卫星公司生产的 HS—601 卫星，抛出长征二号捆绑火箭。这么做等于向"客户的客户"作广告。这一着果然奏效，休斯公司的卫星专家对选择长征三号火箭发射 HS—376 类型卫星十分有兴趣，其中卫星专家斯坦豪更是兴趣勃然，对长征三号火箭的任何技术性能和每一次飞行记录都问个水落石出。中国运载火箭在休斯公司的推销活动很快传到西联公司，西联公司的市场经理从美国的东海岸飞到洛杉矶，急于与我们见面，提出用长征三号火箭发射该公司的西联星六号卫星的意向。同时要求我们访问他们在纽约附近的总部。其后，我们与西联公司在纽约附近的总部签订了关于使用长征三号火箭发射西联星六号的发射定座协议。

西联公司由于经营不善，宣布破产。这时特雷卫星公司成立。特雷卫星公司的总裁施瓦兹先生是一位精明善断的商人，他立即接过西联公司的六号卫星的订座协议，于 1986 年 6 月率几名专家来华进行商务谈判，经过一番艰苦的谈判，双方于 1986 年 6 月签订了关于使用长征三号火箭发射西联星六号的商务合同。其后，西联星六号几经易手，最后为亚洲卫星通信有限公司购买。但中国的

发射服务在美国宇航工业界甚至在美国政界引起了很大反响。

中国的发射服务从 1986 年 1 月与瑞典空间公司签订第一份发射定座协议，到 1987 年的 1 年时间内，共签订了两份商业发射服务合同、五份发射订座协议，初战告捷。

中国火箭的制胜策略

中国在一开始宣布的发射服务进入世界市场时，就明确昭告天下，中国的火箭制造和发射能力有限，除满足中国国内的发射任务外，每年只能提供有限的发射服务。所以，中国的对外发射服务只是国际商业发射服务市场的一种补充，同时可为卫星用户提供一种新的选择。原航空航天部林宗棠部长后来明确向世界宣布：这是中国对外发射服务的基本政策。

我们初始的推销价格定位也相当成功，每次推销谈到价格，我们都明确表示比目前国际商业发射服务市场价格低 15%～20%。当时的航天飞机发射一颗重量约 2 吨左右的卫星大约 5 千万美元，阿里安火箭 4500 万美元。我们的价格定位对用户最有吸引力。同时，我们又推出长征二号捆绑火箭，使得我们的价格策略有较大的活动空间。这在发射瑞典弗利亚卫星、亚洲一号通信卫星和澳星得到了最充分的体现。这时，一些潜在用户纷纷找上门来洽谈长征系列火箭发射业务，一时间，长征火箭在市场的推销如鱼得水，相当顺利。西方世界对中国发射服务所取得的初步成果有点震惊和恐慌，但他们又十分明白：长征三号火箭相当于阿里安三型火箭，随着卫星的两极化发展，基本上属于快要退出市场的运载工具。西方感到威胁较大的是长征二号捆绑火箭，因为它的低轨道运载能力为 9 吨，同步转移轨道有效载荷运载能力为 2.5～3 吨左右。这一类卫星正是西方宇航大公司大力开发中的重型卫星，有着潜在的市场。

美国政府不能小视中国

1985年，当中国一开始宣布中国的运载火箭进入国际市场时，美国使馆就十分紧张。美国使馆科技处、武官处多次找到当时航天部外事司交涉，以核不扩散为由，企图阻止中国的运载火箭进入国际市场。

到了1988年，中国的长征火箭已稳获亚洲一号通信卫星、瑞典弗利亚卫星的发射合同，澳星合同也在洽谈之中，并已签订5个卫星的发射定座协议。这时美国要阻止中国的运载火箭进入世界市场已不太可能，于是以“政府补贴，低价倾销，扰乱市场”为借口进一步施压，但“青山遮不住，毕竟东流去”。

美国政府已看到了中国长征运载火箭发射业务开拓国际市场的势头不可扼制，阻止和施压均不能奏效，于是，只好找上门来谈，以价格和配额来阻止其发展势头。1988年10月，美国国务院派其国务卿助理、商务代表麦卡李斯特率国务院、商务部、运输部、国防部、安全部十几位官员组成的庞大代表团访华，与以孙家栋副部长为团长并有外交部、国防科工委、航空航天部人员组成的中国代表团就中国长征系列火箭承揽国际商业卫星发射业务有关事宜，进行政府级正式会谈。会谈分三个专题：国际商业卫星发射业务商务问题；国际商业卫星发射责任协议；卫星发射技术安全协议。上述三个专题的谈判关键问题，主要集中在卫星发射价格、配额和卫星技术安全问题上。谈判进行得相当艰巨，双方围绕着配额而引发的发射价格和卫星技术安全问题展开了激烈的争论。

中美国际商业发射服务政府间谈判进行了整整一周。双方在发射价格、配额、卫星技术安全上讨价还价。中国的长征火箭要想进入国际市场，必须有所失又有所得。国务院领导对这次谈判作了专门指示：先进去，再求发展。中国代表团按照中央和国务院领导

的批示，在不失主权的原则下，采取灵活的谈判策略，求同存异，在非原则问题上能让步的则让，如在卫星专机入境、海关检查、卫星监护等方面在不侵害我主权原则情况下采取灵活的方法处理，使谈判得以顺利进行。中美双方代表在下述三个政府协议备忘录上达成一致：1. 中华人民共和国政府和美利坚合众国政府关于卫星技术安全的协议备忘录；2. 中华人民共和国政府和美利坚合众国政府关于卫星发射责任协议备忘录；3. 中华人民共和国政府和美利坚合众国政府关于商业发射服务的国际贸易问题协议备忘录。第一、第二个协议备忘录由原航天工业部副部长孙家栋和美国助理国务卿麦卡李斯特分别代表两国政府草签文件，第三个政府备忘录双方签署纪要。1988 年 12 月，双方代表又进行了第二轮谈判。关于卫星商业发射服务的三个政府间协议得到正式签署。至此，中国长征系列火箭进入国际商务发射市场拿到了入门证。

中国长征运载火箭迈出了真正实现走向世界发射服务市场的第一步。

作者系航天总公司国际合作司对外联络处处长

第五篇

航天精英

综　述

经过42年的发展，我国航天科技工业不仅建成了具有相当规模、专业齐全、技术配套的科研生产和试验基地，形成了研究、设计、试制、试验、生产的完整体系，而且也培养造就了一支思想好、技术精、作风顽强的航天科技队伍和航天产业大军。“从指挥员到战斗员都身经百战，百炼千锤，基础扎实，善打硬仗”(聂荣臻语)，无论是经过革命战争考验的老干部、学识渊博的老专家，还是富有生气的科技人员和经验丰富的工人，怀着为祖国争光的责任感，具有强烈的事业心，焕发出极大的积极性和创造热情，为发展新兴的航天事业作了应有的贡献。

在航天战线，涌现出了许多模范和先进人物。他们对推进航天事业，让中国航天在世界赢得一席地位，发挥了重要的带头和骨干作用。在他们身上，集中地体现了“自力更生，艰苦奋斗，大力协同，无私奉献，严谨务实，勇于攀登”的航天精神。中国航天人正是凭借着这种航天精神，

意气风发，战胜困难，为中国航天屹立于世界创造了一个一个新的纪录。在老一代专家中，钱学森、任新民、屠守锷、黄纬禄、梁守槃以及张履谦等，为振兴和发展航天事业呕心沥血，殚精竭虑，做出了卓越的贡献。以他们为代表的老一代专家，用自己的毕生辛劳和智慧，写下航天史上绚丽的华章。在新中国培养的年轻一代科技人员中，罗健夫、杨敏达、王振华等，用自己的热血甚至生命为中国航天插上腾飞的翅膀，成为人们赞扬的时代骄子。在广大奋战在第一线的工人中，像魏文举这样优秀的代表，在最困难、最危险的岗位上为航天工业默默奉献，直至献出了自己宝贵的生命；像顾大明等一批全国劳动模范和荣誉称号获得者，代表着千千万万勤勤恳恳、兢兢业业、富于奉献和牺牲精神的职工，让中国航天享誉全球。航天战线上正是拥有了这样一支可信赖的坚强队伍，才取得了今天令世人赞不绝口的成就，攀登上了航天技术的新高峰。

航天精英展风采，进军太空奏佳音。我国航天战线的广大科技人员、工人和干部走过了一条自力更生、奋发图强之路，集智攻关、顽强拼搏之路，摆脱落后、自强崛起之路，为中国航天屹立于世界建立了不朽的功绩。当今世界航天技术发展方兴未艾，日新月异，对于国民经济发展和社会进步越来越显示出巨大作用，中国新一代航天人信心百倍地迎接新的挑战，面向新的世纪，攀登新的高峰，将为实现航天技术新的飞跃，为造福人类做出更大的贡献。

钱学森和中国的导弹航天事业

涂 元 季

钱学森 1955 年 10 月回国以后，便立即投入了新中国火箭导弹事业的创建与发展工作。从 1955 年 11 月下旬到 12 月下旬，遵照组织的安排，钱学森到我国东北地区参观访问。在哈尔滨参观中国人民解放军军事工程学院时，院长陈赓大将专程从北京赶回哈尔滨接见钱学森，他问钱学森的第一句话就是："中国人搞导弹行不行?"钱学森说："外国人能干的，中国人为什么不能干?"陈赓大将说："好！就要你这一句话。"这次谈话，决定了钱学森从事火箭、导弹和航天事业的生涯。1955 年 12 月 27 日，万毅根据彭德怀元帅的批示，详细听取了钱学森关于如何发展我国火箭导弹技术的意见。1956 年 2 月 17 日，在周恩来总理的鼓励下，作为一名刚刚回归祖国不久的科学家，钱学森怀着对新中国国防事业强烈的责任感，给国务院写了关于《建立我国国防航空工业的意见书》(当时为保密起见，用"国防航空工业"这个词来代表火箭、

导弹和后来所称的航空航天技术)。《意见书》指出:"健全的航空工业,除了制造工厂之外,还应该有一个强大的为设计服务的研究及试验单位,应该有一个作长远及基本研究的单位。自然,这几个部门应该有一个统一领导的机构,作全面规划及安排的工作。"《意见书》提出了我国"国防航空工业"的组织草案、发展计划和具体步骤,并且开列了一张可以调来做高级技术工作的21人名单,其中包括任新民、罗沛霖、梁守槃、胡海昌、庄逢甘、罗时钧、林同骥等。《意见书》立即引起中央的重视,周恩来总理在1956年3月14日亲自主持会议研究,决定由周恩来总理、聂荣臻元帅和钱学森等筹备组建导弹航空科学研究的领导机构——航空工业委员会,委员会下设立:(1)设计机构;(2)科学机构;(3)生产机构。1956年4月13日,国务院成立了以聂荣臻元帅为主任的航空工业委员会(当时对外不公开),钱学森被任命为委员。

1956年春,周恩来总理亲自领导数百名科学技术专家,制订新中国第一个远景规划——《1956至1967年科学技术发展远景规划纲要》,确定了57项国家重要科学技术任务。由钱学森主持,在王弼、沈元、任新民等的合作下完成了第37项(《喷气和火箭技术的建立》)的规划。钱学森等在这项重要科学技术任务的说明书中指出:"喷气和火箭技术是现代国防事业的两个主要方面:一方面是喷气式的飞机,一方面是导弹。没有这两种技术,就没有现代的航空,就没有现代的国防。建立了喷气和导弹的技术,民用航空方面的科学技术问题也就不难解决";"本任务的预期结果是建立并发展喷气和火箭技术,以便在12年内使我国喷气和火箭技术走上独立发展的道路并接近世界先进的科学技术水平,以满足国防的需要";解决本任务的途径:"必须尽先建立包括研究、设计和试制的综合性的导弹研究机构,并逐步建立飞机方面的各个研究机构";解决本任务的大体进度:"1963—1967年,在本国研究工作的指导下,独立进行设计和制造国防上需要的、达到当时先进性能指

标的导弹”;组织措施是:“在国防部的航空委员会下成立导弹研究院,该院自 1956 年起开始建设,1960 年建成。”1956 年 5 月 10 日,聂荣臻元帅提出《关于建立我国导弹研究工作的初步意见》,并且建议:在航空工业委员会下设立导弹管理局,钱学森任总工程师;建立导弹研究院,钱学森任院长。据此,钱学森很快受命负责组建我国第一个火箭、导弹研究院——国防部第五研究院。1956 年 10 月 8 日,恰好是钱学森回归祖国 1 周年的日子,聂荣臻元帅亲自主持五院成立仪式。这一天也是对新中国 156 名大学毕业生进行导弹专业教育训练班的开课纪念日,由钱学森主讲《导弹概论》。在 1942 年加州理工学院喷气技术训练班授课 14 年之后,钱学森为能在自己的国家培养我国第一批火箭、导弹技术人才,感到无比激动。这批受训的大学生,后来成为我国火箭、导弹与航天技术队伍的骨干。1957 年 2 月 18 日,周恩来总理签署国务院命令,任命钱学森为国防部第五研究院第一任院长。从此,在周恩来总理、聂荣臻元帅直接领导下,钱学森开始了作为新中国火箭、导弹和航天事业技术领导人的长期经历。1957 年 11 月 16 日,周恩来总理任命钱学森兼任国防部第五研究院一分院院长。1958 年 5 月 29 日,聂荣臻元帅同黄克诚、钱学森一起部署了我国第一枚近程导弹的制造工作。1960 年 11 月 5 日,在聂荣臻元帅现场亲自指导下,以张爱萍将军为主任,孙继先、钱学森、王诤为副主任的试验委员会,在我国酒泉发射场成功地组织了我国制造的第一枚近程导弹的飞行试验。正如聂荣臻元帅在庆祝宴会的祝酒词中所说,在祖国的地平线上,飞起了我国自己制造的第一枚导弹,这是我国军事装备史上一个重要的转折点。1964 年 6 月 29 日,我国第一枚自行设计的中近程导弹进行飞行试验获得成功。1966 年 10 月 27 日,遵照周恩来总理“严肃认真、周到细致、稳妥可靠、万无一失”的指示,钱学森协助聂荣臻元帅,在酒泉发射场直接领导了用中近程导弹运载原子弹的“两弹结合”飞行试验,导弹飞行正常,原子弹在预定的距离

和高度实现核爆炸。这次史无前例的试验标志着中国开始有了用于自卫的导弹核武器,也标志着《1956至1967年科学技术发展远景规划纲要》规定的“1963—1967年在本国研究工作的指导下,独立进行设计和制造国防上需要的、达到当时先进性能指标的导弹”这一任务的提前完成。第二天,即1966年10月28日,《纽约时报》用这样的文字报道了这一重大事件:“一位15年中在美国接受教育、培养、鼓励并成为科学名流的人,负责了这项试验,这是对冷战历史的嘲弄。1950—1955年的5年中,美国政府成为这位科学家的迫害者,将他视为异己的共产党分子予以拘捕,并试图改变他的思想,违背他的意愿滞留他,最后才放逐他出境回到自己的祖国。”

早在1953年,钱学森就研究了星际航行理论的可行性。1958年,中国科学院成立以钱学森为组长、赵九章和卫一清为副组长的领导小组,负责筹建人造卫星、运载火箭以及卫星探测仪器和空间物理的设计、研究机构。1961年6月,在钱学森、赵九章等的倡导下,中国科学院开始举办了持续12次的星际航行座谈会,钱学森在第一次座谈会上发表了题为《今天苏联及美国星际航行火箭动力及其展望》的讲演。1963年,中国科学院成立了由竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章领导的星际航行委员会,负责组织制订星际航行发展规划,安排预先研究课题。1965年1月8日,钱学森正式向国家提出报告,建议早日制订我国人造卫星的研究计划并列入国家任务。钱学森提出:“自从苏联在1957年10月4日发射第一颗人造地球卫星以来,中国科学院及原第五研究院对这项新技术就有些考虑,但未作为研制任务。现在看来,人造卫星有以下几种已经明确的用途:测地卫星、通讯及广播卫星、预警卫星、气象卫星、导航卫星、侦察卫星。重量更大的载人卫星在国际上的应用,现在虽然还不十分明确,也得有所准备。现在我国弹道式导弹已有一定的基础,现有型号进一步发展,即能发射100公斤左右重量的仪器

卫星。这些工作是复杂艰巨的，必须及早开展有关的研究、研制工作，才能到时拿出东西。因此建议国家早日制订我国人造卫星的研究计划，列入国家任务，促进这项重大的国防科学技术的发展。”聂荣臻元帅很重视钱学森的建议，指出：“只要力量上有可能，就要积极去搞。”1965年4月29日，国防科委向中央专门委员会报告了邀请张劲夫、钱学森、孙俊人及国家科委、国防工办专业局的负责同志和专家进行研究的结果，提出了在1970年或1971年发射我国重量为100公斤左右的第一颗人造卫星的设想。中央专门委员会于1965年5月4日、5日召开的第12次会议和8月9日、10日召开的第13次会议，原则批准了我国第一颗人造卫星的规划方案，以及争取在1970年左右发射我国第一颗人造卫星的设想。钱学森为解决人造卫星研制中的许多关键技术问题贡献了智慧。譬如，在1966年6月下旬，第一颗人造卫星的运载火箭“长征一号”，为解决滑行段喷管控制问题而进行的滑行段晃动半实物仿真试验，出现了晃动幅值达几十米的异常现象。钱学森亲临现场，在讨论中认定：此现象在近于失重状态下产生，原晃动模型已不成立，此时流体已呈粉末状态，晃动力很小，不影响飞行。后来多次飞行试验证明，这个结论是正确的。在“文化大革命”的日子里，钱学森协助周恩来总理，为领导人造卫星研制计划的正常进行，发挥了特殊的作用，譬如，由于“文化大革命”，长征一号运载火箭试车无法进行，1969年7月17日、18日、19日和25日，周恩来总理连续4次召开会议，解决二级和三级地面试车问题，委派钱学森协同七机部军管会副主任杨国宇全权处理有关试车事宜，从而得以在8月22日取得试车成功。1970年，在周恩来总理的直接关怀下，钱学森、李福泽、杨国宇、任新民、戚发轫等在酒泉卫星发射场组织实施了第一颗人造卫星的发射工作。1970年4月24日，重量为173公斤的我国第一颗人造卫星发射成功。钱学森和发射基地的领导人及试验队的代表在现场发表了热情洋溢的讲话。“五一”国际劳动

节晚上，毛泽东主席、周恩来总理在天安门城楼上接见了钱学森、任新民等参加第一颗卫星工程研制的代表。这颗卫星向全世界播送的《东方红》乐曲，宣告新中国迎来了航天时代的黎明。

钱学森 1965 年 2 月 15 日任第七机械工业部副部长，1968 年兼任中国空间技术研究院第一任院长，1970 年 6 月 12 日任国防科学技术委员会副主任，1982 年任国防科学技术工业委员会科学技术委员会副主任，1987 年 7 月任高级顾问。至此，钱学森才从我国导弹航天事业一线的领导岗位退下来，时年 76 岁。

钱学森在我国火箭导弹和航天事业上整整工作了 31 年，他对这一事业所作的贡献是举世公认和无与伦比的。他的贡献归纳起来有以下几个主要方面：

一、他是新中国火箭导弹和航天事业的倡导者。由于他回国时已是世界知名科学家，所以他的《意见书》举足轻重。这对推动中央领导同志下决心搞尖端技术是至关重要的。没有钱学森这样一位在美国从事过火箭导弹事业，并作出过重大贡献的科学家，没有他的积极建议和推动，中国的火箭导弹和航天事业的开拓和创建，至少还要往后推迟若干年。

二、他是新中国火箭导弹和航天事业在技术上最主要的创建和奠基人。这项事业可以说是白手起家的。1956 年 10 月国防部第五研究院成立时，新调来的 156 名大学生和五院当时的各级干部可以说连导弹的基本概念都不知道。只有钱学森在美国搞过导弹。所以，五院的成立大会，也是导弹专业教育训练班开课的日子，由钱学森主讲《导弹概论》。在美国当过十几年教授的钱学森，讲起课来真可谓深入浅出，形象生动，参加听课的专家听了不觉得浅显无味；外行人听了也不觉得深奥难懂。

组建导弹事业的最初方案也是由钱学森提出的，起步的工作和最初的规划等都是在钱学森领导之下制订的。火箭导弹是一项复杂的系统工程，它涉及到许多科学技术领域。钱学森则运用他在

美国积累的经验和学习到的在导弹总体、动力、制导、气动力、结构、材料、计算机、质量控制等诸多方面的渊博知识，成功地开创了这项事业，并在这一技术领导岗位工作长达31年。在他告老退位之时，我国的航天事业早已占据世界的前列，成为海内外炎黄子孙引以为豪的成就。

三、作为一名科学家，钱学森为解决我国导弹和卫星研制发射中的许多关键技术问题贡献了他的才华和智慧。可以说，哪里出现了重大技术难题，哪里就有钱学森的身影。他的出现和到来，不仅给技术人员以极大的关怀和鼓舞，更重要的是，他的知识和智慧在许多情况下对攻克技术难关发挥了重要作用。60年代，在基地的一次导弹试验中，因试加推进剂时操作有误，出现了一个大问题，即弹体瘪进去一块。在场的人看了都十分紧张，认为这是一个大故障，导弹不能发射。但钱学森过去在美国做过这种壳体的研究工作，认为这是由于试加推进剂后，泄出时忘了开通气阀造成箱内真空，外面空气压力大，压瘪的。点火发射后弹体内压力会升高，壳体会恢复原来的形状，所以他主张发射照常进行。最后聂帅批准了钱学森的意见，结果发射取得了成功。

又如，在YF—2发动机地面试车过程中，不断发生故障，今天试车，这个地方出问题，科技人员经过努力，解决了；下次试车，另一个地方又出问题；再下次试车，又有新的问题发生……总之，出现的问题一个一个被解决，新的问题又不断发生。钱学森来到试车台，他在细心听取汇报以后，思之良久，最后提出，我们不能总是让故障牵着走，大家是不是回过头来想想有什么根本问题在影响着发动机的燃烧稳定性？是不是应该考虑高频振荡问题？他的讲话启示了在场的科技人员。在考虑了高频振荡所产生的影响以后，改进了发动机的设计，从此，YF—2发动机的试车问题顺利过关。

四、作为一名技术领导人，钱学森在科技管理问题上花费了极大的心血，也承受了政治上的风险。航天是一项高科技事业，但在

50～60年代的初创时期，我国各项事业的管理都非常落后，管理意识普遍不高，观念又比较陈旧，再加上政治运动的压力，一般都不敢吸取西方的管理经验，甚至认为，那一套东西是资本家压榨劳动人民的手段，是资本主义上层建筑的一部分。

钱学森回国以后，一方面努力学习马克思列宁主义毛泽东思想，树立起坚定的无产阶级世界观；另一方面，他又从唯物主义的世界观出发，认为西方的管理制度有先进的一面，值得我们借鉴。他特别认为，在航天这种高科技领域，必须吸取西方，特别是美国的先进管理经验。所以他常常讲管理的重要性，并指出，强调管理，并不是只见“物”不见“人”，既不是唯心主义，也不是机械唯物论。他吸收美国 PERT 管理技术，又结合中国自己的经验，总结出了一套系统工程的管理办法，十分有效。这可以说是我国航天事业取得重大成就的又一条重要经验。

今天，系统工程的管理方法已经得到普遍的公认。钱老晚年还将这套办法推广到我国社会主义建设的各个领域，形成了社会系统工程、地理系统工程、农业系统工程、军事系统工程等等。系统工程的基础理论也有了很大发展，创建了系统科学这样一门大的学科。

五、严谨的作风和民主集中制的管理办法是他留给航天事业的重要精神财富。周总理在领导这项事业中提出的“三高”要求，即“高度的政治思想性，高度的科学计划性，高度的组织纪律性”，以及“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的工作作风，钱学森至今铭记在心。在这方面，作为一名极其严谨的科学家，他也是全体科技人员的楷模，他的那种一丝不苟的严谨作风，带动和影响了一代又一代的航天人。

钱学森同志还常常讲，像导弹、卫星这样涉及成千上万人的大规模科学技术工程，组织工作非常重要，按照他的体会，周总理、聂帅就是把他们过去在解放战争中组织大规模作战的那套办法，有

效地用到科技工作中来，把成千上万的科技大军组织起来了。在组织管理这样复杂的系统工程中，既充分地发挥技术民主，又有效地高度集中，组成了一支团结合作、生龙活虎的科技大军，一支能吃苦、善攻关的科技群体。钱学森同志认为，在这方面，周总理、聂帅是他的榜样。而老五院的科技人员们认为，他们的钱院长也是既充分发扬民主，又善于集中大家意见的典范。正因为如此，在当年那种生活艰苦、物资匮乏、经费紧张的情况下，大家能够心情舒畅，团结一致，克服一个又一个难关，使我们国家能够花费比美、苏少得多的钱，取得震惊世界的成就。

作者系总装备部研究员

航天征程中的任新民

谭 邦 治

在攀登航天科技高峰的征程中，要有指挥航天科技千军万马、驾驭航天科技工程航船的技术指挥员，被誉为航天总师的任新民，就是这些技术指挥员中的一位。他带领科技人员在研制航天工程的崎岖险路上拼搏，攻克了技术上的一个个明堡暗碉，突破了一道道隘口险关，夺得了一项项航天工程的研制成功。他在中国航天的征程中留下了坚实而闪光的足迹。

一、航天事业的一员开拓者

1955 年，哈尔滨军事工程学院炮兵工程系教育副主任兼火箭武器教授会主任的任新民，洞察国外新式武器发展的趋势，带领有关的科技人员适时开展了新式火箭武器(导弹)的设想研究。几经研究讨论，以任新民等 3 人名义上报了《我国研制火箭武器和发展火箭技术的建议》。12 月，中央军委收到这份建议后，彭德怀、

黄克诚专门指派总参装备计划部部长万毅与钱学森详细分析了研制导弹武器的有利条件与需要解决的问题，万毅提出了《关于研究与制造火箭武器的报告》。1956 年 1 月 20 日，彭德怀主持中央军委会议，讨论万毅的报告。任新民等 3 人的建议，发出了我国决定发展导弹事业的信号。

1956 年 3 月，周恩来总理亲自组织和领导数百名科技专家制订《1956 至 1967 年科学技术发展远景规划纲要（草案）》，明确了“重点发展，迎头赶上”和“以任务带学科”的发展方针，确定了 57 项国家重点任务，其中特别强调了喷气与火箭技术等项目。任新民参加了这一规划纲要的研究、讨论和制订工作，第 37 项《喷气和火箭技术的建立》就是在著名科学家钱学森主持下，由他和沈元、王弼等共同完成的。这是我国最早的关于火箭技术的发展蓝图。

1956 年 8 月，任新民奉调进京，全身心地投入到我国第一个导弹研究机构——国防部第五研究院的筹建工作。1956 年 10 月 8 日召开国防部五院成立大会，他在会上聆听了聂荣臻元帅关于发展我国导弹事业的决心和指示。不久，他被任命为国防部五院导弹总体技术研究室主任，开始了中国航天创业的新征程。

二、第一种仿制和第一种自行研制导弹的副总设计师

万事都是开头难，但任新民知难而进，坚信研制导弹中国人行。

（一）1956 年 12 月，任新民带队奔赴冰天雪地的满洲里，负责接收苏联援助的 P—1 液体近程弹道导弹。12 月 29 日，他作为中方首席代表在 P—1 导弹交接仪式上签字。随后他作为技术负责人，领导和组织了 P—1 导弹的分解、测绘和重装。这是中国第一

次接触导弹实物,为后来的 P—2 导弹仿制奠定了技术基础。

(二)1957 年,他已调赴国防部五院,仍以军工炮兵工程系教育副主任的名义参加出国考察,历时 70 多天,考察了苏、波、捷大部分军事技术院校和部分军事指挥院校,大开眼界、大长知识,为其后来从事航天科技工业的组织领导工作大有益处。

(三)1957 年 11 月,在国防部五院几个研究室的基础上成立国防部五院一分院,负责各类导弹总体设计和弹体、发动机的研制工作。1958 年 4 月,一分院第三设计部(液体火箭发动机设计部)成立,他被任命为三部主任。1961 年 9 月,他升任一分院副院长。根据他个人的请求,也是他一贯的思想,搞技术工作要有根基和沃土,仍兼任三部主任,而且大多数时间在三部从事技术工作。

(四)1958 年 5 月,仿制苏联 P—2 导弹的工作全面展开,任新民作为型号的副总设计师和液体火箭发动机仿制的负责人领导并参加了仿制工作。1960 年 10 月,他作为试验队的领导成员奔赴戈壁大漠的酒泉发射中心,经过十几个日日夜夜紧张而繁忙的测试,1960 年 11 月 5 日,中国自己仿制的液体近程弹道导弹一举发射成功,这是我国军事装备史上的一次重要转折。

(五)我国开展中近程液体弹道导弹的自行设计,他仍担任型号的副总设计师并负责 5д60 发动机的自行研制工作。发动机是导弹的心脏,是研制中的关键,从仿制的导弹到自行研制的中近程导弹,主要改进有 3 项,其中发动机就占 2 项,即提高发动机的推力与比冲;液氧箱改为单层薄壁结构。时值三年暂时经济困难时期,饥肠辘辘和技术上的拦路虎,使他承受着巨大的压力。科学的规律是无情的,技术上没吃透,坎就是迈不过去。1961 年下半年的一段时间里,5д60 发动机试车连续出现故障,任新民正处于三餐茶饭无滋味、焦头烂额之时,一天的深夜,国防部五院常务副院长王秉璋给他打来了电话:“聂老总让我转告你一句话,在最困难的时候就是快成功了,希望你注意身体!”这一席话真是雪中送炭、久旱得

雨露呀！他感到无比激动与兴奋，第二天一上班，就召集第三设计部的全体人员，传达了聂老总的一席话，并进行了具体的动员与部署。辩证法的力量是巨大的，果不出所料，事隔不久就取得了5д60发动机试车的圆满成功。

攀登之路不会是平坦的。1962年3月21日，进行第一枚中近程导弹的飞行试验。他亲眼目睹导弹起飞后不久就出现较大幅度的异常摆动和滚动，18秒时发动机起火，随即关机，导弹在发射台附近坠地爆炸。紧张的心情顿时变成了沉痛。面对失败和挫折，他和他的同事并没有气馁，他们坚信中国人一定能自己研制成导弹，于是从失败中爬起，投入到紧张而艰苦的故障分析与制定改进措施的工作。在两年多的时间里，经过反复的分析、研究和大量的计算、试验，共进行了4大类17项大型地面试验，包括两次全弹试车，并对导弹进行了设计修改。功夫不负用心人，奋斗终于迎来了成功，1964年6月29日，我国自行研制的中近程导弹发射成功。他在现场品尝了成功的喜悦，目睹了参试人员的欢呼雀跃。“中国人能自己造导弹了！”这位内向寡言的副总师更懂得万里长征刚走出第一步的深刻寓意，细细地咀嚼和回味着成功与失败的甜、酸、苦、辣、涩，探究真知和哲理，运筹着新的任务。

（六）在我国中程导弹的研制中，预先研究较充分，有技术贮备，所采用的新技术、新材料、新工艺都有现实可行的基础，在导弹武器系统的战术技术指标、研制进度、研制经费以及质量与可靠性等方面进行综合评价，是一个比较成功的典型。

任新民为此导弹的研制成功贡献了艰辛的劳动与汗水。1960年3月3日，他被任命为这一型号的副总设计师兼发动机总设计师。1961年1月，中近程和中程导弹的设计师系统合并，他又被任命为合并后的设计委员会的副主任委员；1964年4月22日，又重新任命他为这一型号的副总设计师。1965年后，他作为一院的副院长，全面负责中程导弹的研制工作。

1966年12月7日，他担任飞行试验队队长带队进入戈壁中的发射基地，进行中程导弹01批遥一弹的发射。天寒地冻，生活条件艰苦，但更大的困难是正值“文化大革命”动乱年代，派性已干扰型号的研制试验任务。他是当权派，又是留美的博士，当然也是被冲击的对象，但他硬是靠着朴实、忠厚的为人和执著、勤奋的事业心，把已分为两派的参试人员聚拢在一起，他遍访参试人员的宿舍，进行苦口婆心的规劝和说服，排除了派性的干扰，解决了一个个技术难题、技术协调和计划进度等问题，取得了第一发、第二发遥测弹飞行试验的基本成功。1967年2月，为了查明发动机工作100多秒后出现推力下降的原因，由他带队，一行6人赶赴弹着区搜寻发动机残骸，同他一起深入“虎穴”寻“宝”的科技人员，看到这位年过半百、手里拄着木棍、在茫茫大漠中风尘仆仆的老专家，和年轻人一起摸爬滚打，无不感到由衷的敬佩与赞叹，为他深入科研试验第一线的高尚品格和为事业而献身的精神所感动，并备受鼓舞。经对发动机残骸进行分析，查出了推力下降的原因，采取措施，问题得到了解决。

1968年10月至1969年1月，又在塞北的太原发射基地进行经过设计修改的中程导弹02批的合练和遥一、遥二弹的飞行试验。担任试验队队长的任新民仍一如既往，与广大科技人员、工人同吃、同住、同工作。试验队住的全是平房，晚上去厕所要走几十米，塞北寒冬的夜晚一般都在－30℃以下，有时要达到－40℃。让他住到楼里去，他执意不肯，理由很简单：“我还没有老到那种程度，和大家住在一起研究问题、讨论问题方便。”可他毕竟是五十四五岁的人了，有一次患了重感冒，昏迷中被送进了试验部队的医院，一量体温已近40℃，医生们都很紧张，经过输液，第二天高烧退了，浑身也觉得轻快多了，他坚决要求出院：“现在导弹的测试工作正处于紧张的阶段，把我关在医院里，没病也得急出病来。”医生和同事们极力劝阻和与他争执。可大家都了解这位犟老头儿，他说

出口的主意，如果别人没有说服他的过硬的理由，他是不会改变的。最终还是给他带了些药让他返回试验队了。正是由于他和全体参试人员精心组织、精心测试、精心操作，02 批的遥一、遥二弹的飞行试验分别于 1968 年 12 月 18 日和 1969 年 1 月 4 日获得圆满成功。

三、我国第一颗卫星的运载火箭长征一号的技术负责人

(一)在进行中程导弹的研制试验时，就已开始了中远程导弹的关键技术攻关和研制。我国第一颗人造卫星的运载火箭，就是在中远程导弹的基础上改装而成的。中远程导弹是我国首次研制的多级火箭，首当其冲地要解决一些新的技术关键和难题，仅就发动机而言，为了提高发动机的推力精度，一级发动机改由 4 台自成独立系统的单机组合而成，泵压式的供应方式改为推力室压力反馈控制方式；供应涡轮工质的燃气发生器系统使用主推进剂，涡轮由火药起动器产生的燃气启动，以简化发动机的结构；采用了一次性使用的电爆活门，以提高工作可靠性和维护使用性能并缩短发射准备时间。更大的难题是二级发动机在接近真空条件下的高空点火问题。任新民和他的同事们在这些棘手的难题面前毫不退缩，开展了艰难的攻关。尤其是解决二级发动机高空点火，国家的人力、财力、物力有限，不能专门建造模拟真空环境的试车台，照走发达国家的路子。他们从我国的实际出发，独辟蹊径。经过反复的分析、研究、计算和试验，难关一个个被突破了，终于研制成功了中远程导弹和长征一号运载火箭。

(二)1969 年、1970 年是任新民大忙的两年，也是我国航天科技工业屡传捷报的两年。在那个处于动乱年代的特殊历史时期，需要任新民付出比常时多得多的艰辛。但他从实践中领悟到："群众

还是通情达理的，只要把道理讲透了，还是能以航天型号的大局为重的，只是需要多跑些路、多费些口舌。”跑车间、研究室、试验室，去工人的机床旁、设计人员的办公室、参试人员的宿舍，成了他了解问题、处理问题、解决问题的“法宝”。有的老工人竟直言不讳、半开玩笑地说：“就看在你任老头的面子上，这活我们干了，你就放心吧！不用老跑来督战了。”正是由于这些频繁的接触和推心置腹的交谈，他同一些基层科技人员、工人成了知心朋友，有的成了他后来主持研制的新型号的技术骨干，成了他了解基层情况和技术问题真谛的信息渠道，这些金石之交的故旧为他能得心应手地领导型号研制工作提供了可靠的支撑。

(三)1969 年 4 月起，他还没有擦去发射中程导弹的塞北征尘，又人不歇脚、马不停蹄地投入到了中远程导弹和长征一号运载火箭的研制工作。尤其是发动机的试车工作遇到了很大的困难和阻力时，周总理亲自过问，委派钱学森全权处理，他配合钱学森做了大量的组织和协调工作，保证了各级发动机各种试车的顺利进行。1969 年 8 月 27 日，中远程导弹 01 批一组遥一弹出厂，由任新民带队去酒泉发射基地执行飞行试验任务。第一次组织发射就出现了故障，更换了一级发动机的两个单机；第二次组织发射，计算装置未发出一级关机指令，飞行试验失败。1970 年 1 月 30 日，中远程导弹飞行试验首次获得成功，证明设计方案正确，两级分离正常，二级发动机高空点火成功，系统之间是协调的。这就为发射我国第一颗人造地球卫星的长征一号的研制工作奠定了技术基础。2 月 5 日，长征一号合练箭启程运往发射场进行星箭合练，他又担任合练试验队的队长。中远程导弹试验队与长征一号合练试验队基本是一套队伍，多数人员是 1969 年 8 月进场的，已连续在发射场工作 5 个来月了，又要接着进行我国第一颗人造地球卫星的发射，且时逢春节，为了使队伍得以休整，利于再战，任新民与有关领导商定，试验队返回北京过春节。这个连任的试验队队长另有所思：

“在以往的技术厂房测试中，地面和箭上电缆布线混乱，脱插中的多余物和接触不良的现象屡见不鲜，严重地影响了测试的进度与质量，无论如何得解决，人要休整，厂房设施设备也得休整。”他事先同试验部队的领导进行了协商，在北京没住几天，就提前一周带领几位有关的科技人员返回发射场。在有关人员的配合下，他亲自动手，将测试厂房的明、暗电缆进行了彻底的清理和打扫，对所有的脱落插座、插头都一一拔开，进行吹除和重插。等试验队大批人员返回时，测试现场已焕然一新，不仅加快了合练的进度，保证了合练任务的按期完成，还为长征一号运载火箭发射东方红一号卫星的测试工作提供了良好的环境。1970 年 3 月，首枚长征一号火箭和东方红一号卫星先后运抵发射场。4 月 24 日，东方红一号准确入轨，星上仪器设备工作正常，向全世界播发了清晰宏亮的《东方红》乐曲，从而揭开了中国航天活动的序幕。

四、试验卫星通信工程的总设计师

试验卫星通信工程是我国 80 年代初规模最大、涉及部门最多、技术最复杂、难度最大的航天系统工程，被确定为我国战略导弹与航天技术 80 年代前期三项重点任务之一。这一工程由东方红二号试验通信卫星、第三级为氢氧发动机的长征三号运载火箭、发射场、测控通信和地面通信应用 5 个系统组成，每个系统都设有总设计师。任新民自始至终领导和主持了这一工程的研制。1975 年 6 月 30 日，他被任命为七机部副部长后，明确他统管这一工程的技术协调与指挥，1979 年正式任命他为整个卫星通信工程的总设计师，“总总师”之称由此而来。

（一）早在 60 年代初，任新民就形成了一个想法，发展卫星通信事业是迟早的事，低温高能的液氢液氧发动机是发射通信卫星的运载火箭所需要的。1965 年，在他的倡导与决定下，在液体火箭

发动机研究所成立了氢氧发动机工程组,工作一直未间断。1971年1月16日,首次成功地进行了液氢液氧推力室挤压式热试车;1974年3月15日,首次进行半系统氢泵试验,虽未成功,但很快查明了原因,4月5日,又进行第二次试验,获得圆满成功。正是由于这些艰苦的探索与预先研究,才为研制氢氧发动机的运载火箭奠定了基础。

(二)发射通信卫星的运载火箭的第三级,是采用可贮存的常规推进剂(偏二甲肼和四氧化二氮)发动机,还是采用氢氧发动机,一直是讨论和争论的焦点。70年代初,有人向他建议:第三级为氢氧发动机的运载火箭应该立项。他尖锐地指出:"这样的运载火箭是要搞,可氢氧发动机还一次火都未点,还不具备谈这个问题的条件。"1971年后,氢氧发动机的一些试验、试车连续成功,特别是1975年1月25日和1976年3月12日,氢氧发动机的全系统试车取得成功后,对开展第三级为氢氧发动机的运载火箭的研制,他已是坚定不移了。

1978年,在上海召开卫星通信工程的工作会,对运载火箭的技术方案再次进行了讨论。会后不久,这次工作会的会议纪要将常规方案作为第一方案,氢氧方案作为第二方案。正在外地出差的任新民得知这一情况后,心急如焚,旋即返回北京,下了飞机径直前往国防科委马捷副主任家中,他开门见山地陈述自己的观点与根据:两个方案都可以发射地球同步轨道的通信卫星,各有特点,各有利弊。氢氧方案尽管关键技术多、难度比较大、工作量大,但能提高运载能力,这也正是发射高轨道卫星所需要的。从长远发展上考虑,氢氧发动机这个台阶迟早要爬。他还如数家珍似地列举了我国设施设备及技术人员的情况,列举了氢氧发动机研制工作的进展情况和历次试车结果。他斩钉截铁地说:"氢氧发动机的运载火箭应该上,而且能上得去,我可以立军令状!"马副主任认真地听取了他的意见。由于他的诚心、决心、信心和理由之充分,国防科委领导

采纳了他的意见，将氢氧方案改为第一方案，常规方案作为备份的第二方案。一字之差，在一定意义上讲，就决定了我国装有氢氧发动机的运载火箭诞生的时间及命运。

(三)在卫星通信工程的研制中，可以说是荆棘丛生，艰难险阻不断，也可以说是一步一个坎，而迈过每一个坎都要付出艰辛的劳动。任新民始终保持着热烈而镇定的情绪，紧张而有秩序地工作。他敢于负责，适时而果断地进行决策；他严谨认真，精益求精，不放过任何疑点和问题，奋斗与追求终于迎来了成功。氢氧发动机是长征三号研制中必须突破的一项重大技术关键。他同有关的科技人员在艰难曲折中苦苦求索，相继解决了低温环境下的多种材料与工艺、轴承强度、液氢漏泄起火、燃气发生器被烧穿、涡轮泵次同步共振、发动机启动缩火等一系列“拦路虎”。除氢氧发动机外，还解决了制服纵向耦合振动(POGO)、低频振动环境管理等难题。正是由于这些技术关键和难题的解决，才使卫星通信工程的航船逐步抵达成功的彼岸。在这一过程中充分体现了集体的智慧和广大科技人员的聪明才智，也清楚地留下了他这位总总师的足迹。

1984年1月29日，卫星通信工程进行第一次发射，长征三号的一、二级飞行，三级的第一次点火、关机，滑行段飞行都正常，但三级第二次点火后3秒燃烧室压力开始下降，并迅速降至零，卫星只进入停泊轨道而未能进入地球同步转移轨道，没有到达成功的终点。沉痛和惋惜是可想而知的，然而，任老总和科技人员没有沮丧和气馁，而是挺起腰杆开始紧张的故障分析与排除，从任老总紧锁的眉头可见他的坚定、刚毅与紧张。有人怀疑当初上氢氧方案的决策，第二次发射要不要在1984年5月以前这个发射大窗口进行，成了争论的焦点。中央军委副秘书长张爱萍对西昌发射场的、北京的各种意见了如指掌，但这些意见却是大相径庭。这位多谋善断的将军决定：各种意见我都知道了，我就要听任新民总师的最后意见。任新民深知自己肩上的责任，打与不打、成与败都关系到我

国卫星通信事业，接到通知后，火速从西昌赶回北京，向张爱萍等领导汇报了第一次发射的故障原因及解决的措施，坚定地表示：第二次发射可以继续进行，能在 4 月底前完成，有把握获得成功。张爱萍将军等当场进行了质疑和审场，批准了任新民的汇报。他带着中央的决心和航天事业的重任，于汇报当日的下午即返回西昌，返回的路上他既兴奋又紧张，又开始绞尽脑汁的思索并过电影似地回味和咀嚼着所采取的措施：现在采取的措施应该有效，但对富氧爆燃还没有治富氧这个本呀！思维的碰撞顿时使他豁然开朗：增加液氢旁路系统，在发动机启动时增加液氢流量，彻底解决富氧问题。到达西昌驻地后，他顾不上旅途的劳累，立即召集有关的领导和科技人员研究液氢旁路系统的问题。他同有关的领导、科技人员、工人夜以继日地精心组织、精心设计、精心施工。西昌与北京密切配合，分秒不误，用一流的精神、一流的劳动创造了一流的业绩，提前完成了第二枚长征三号的改进与测试任务。

1984 年 4 月 8 日 19 时 20 分 02 秒，随着发动机的轰鸣，长征三号载着东方红二号卫星拔地而起，直插太空。20 分钟后，西昌卫星发射中心的指挥测控大厅里传出振奋人心的喜讯："星箭分离正常，卫星进入地球同步转移轨道！"顿时，整个大厅沸腾了，整个西昌卫星发射中心沸腾了，中国大地沸腾了。任老总擦了擦额头上的汗珠，疲惫的面容上露出了几丝微笑，长征三号完成了使命。可他深知后边的路还很长、很长，卫星的远地点发动机还要点火，卫星还要定点和投入运行，还要筹划和开展新的研制工作。他无暇回顾十来年研制、在发射场的 7 个月和近两个多月的劳顿和艰辛，立即打点行装、清理文件资料，打了个盹儿就又踏上了奔赴西安卫星测控中心的新征程。

（四）随着东方红二号通信卫星定点、在轨测试和试运行的成功，试验卫星通信工程宣告圆满完成，标志着 80 年代前期航天三项重点任务的全面完成，我国的航天技术跨上了一个新的台阶。但

这位年近古稀的任老总却丝毫没有喘喘气、歇歇脚之意，又开始运筹新的构想：东方红二号毕竟是试验通信卫星，只装两个通信转发器，且由于时处“文化大革命”，为搞全球通信而采用了喇叭型的全球波米天线，在中国本土上的等效全向辐射功率比较低。他适时地提出：“将全球波米喇叭型天线改为国内波米抛物面天线，将星上两个通信转发器增为4个，即研制东方红二号甲实用型通信卫星。”他又被任命为实用型卫星通信工程的总设计师，领导和主持了这一改进型工程的研制和发射工作。1986年、1988年、1990年东方红二号甲实用通信卫星多次发射成功，为我国的通信、广播、电视、电视教育、数据传输提供了有效的服务，取得了显著的社会效益和经济效益。

五、老骥伏枥，志在更好，着眼未来

试验卫星通信工程和实用卫星通信工程研制成功后，这位年逾古稀的航天老专家完全可以松一口气，安度晚年，享受天伦之乐了。有的同事开玩笑地说：“任老总，见好就收，您现在是功成名就，该歇歇了。”可在他的人生辞典里却找不到什么“功名利禄”、“收”、“歇”之类的词汇，正如他经常对同事们所说的：“什么名呀、利呀，一死了之。工人盖的楼，大家可以住；农民种田收获的粮食，可供人们吃；我们研制的运载火箭、应用卫星能派上用场，这些才有意义。”正是在这个基点上，直至今日，这位已进耄耋之年的老人仍活跃在航天型号研制的舞台上，老当益壮，奋进不止。

（一）任新民称得上航天型号总设计师的“大户”，40多年来，他所担任各类型号的总设计师、副总设计师、技术负责人不少于20个。1986年前后，他虽已年逾古稀，但国防科工委、航天部的领导考虑当时正是新一代航天型号起步之时，需要以老带新，且他的身体又非常好，所以又任命他为几个航天工程的总设计师，并配备

了第一副总设计师为他的助手。任新民又担任了风云一号气象卫星工程、改进的返回式遥感卫星工程、新型的返回式遥感卫星工程、发射外国卫星工程、风云一号02批气象卫星工程等的总设计师，他还是中容量卫星通信工程的技术顾问。

他对自己的要求十分明确，只要是任命了，就得当个名副其实的总设计师，到现场去深入实际，实实在在地处理、解决和决定问题。他通过几十年的实践深切地体会到：一个技术指挥员判断和处理技术问题，一是靠基础理论知识；二是靠深入实际，不断从广大科技人员、工人那里汲取"营养"；三是真正做到实事求是，一切从实际出发。他一直是按这三条恪尽职守，即使是老的型号，他也仍不顾年迈和工作忙碌，仍坚持深入实际。那是1988年风云一号卫星的发射现场，运载火箭和卫星都是首次执行任务，需要协调和处理的技术问题实在太多，他在发射塔架上爬上爬下，东奔西跑，从早忙到晚，细心的医生看到这位老人已有些消瘦，脸上也带有几分焦躁和疲惫，硬是以了解参试人员身体状况的名义，在塔架平台的一个房间里给他量了血压，医生望着血压计惊呆了，又不敢把血压数讲出来，只是连声说："任老总，您的血压有点高，需要吃点药，休息休息。"他当然不肯，医生只好说："请您休息是医生的职责！"这老头反映还很快，立即回敬说："您有您的职责，我也有我的职责，我的职责要求我坚守岗位。"医生没有争执过他，还是坚持到测试工作结束才返回驻地。过后，医生道出了"天机"，他的高压当时已冲出血压计，而且心动过速，怕突然一讲会出问题。而任老总听后却毫不在意地淡淡一笑："我的血压是神经性的，在西昌卫星发射中心也出现过，紧张劲一过就正常了。"

1987年至1996年，改进型的和新型的返回式遥感卫星分别进行了5次和3次发射，风云一号气象卫星进行了两次发射，每次他都赶赴深居戈壁大漠的酒泉卫星发射中心和位于塞北的太原卫星发射中心，认真地履行他工程总设计师的职责。有时两项型号工

程在不同的发射中心同时进行测试、发射，他都是反复地同机关人员商量，根据各处工作的进展情况，科学而合理地安排时间，在各发射中心间飞来飞去。有人向他建议：某工程是老型号了，测试工作又很正常，您到临发射前去就行啦。他有他的哲理：临发射前去，只能当参观团，人家还得陪你，给你介绍情况，不但不能帮人家的忙，倒耽误人家的时间，影响人家的工作。正是按照这个理，他总是默默地蹲在发射场，和参试人员一起参加测试，一起讨论问题、解决问题，在现场进行适时决策。正因为如此，科技人员、工人都十分敬重他，说他有两个不像：一是他衣着朴素、待人谦和，同参试人员一起研究讨论问题，不像留美的大博士；二是他爬起塔架来快步如飞，不像年近80的老人，还都异口同声地称赞他："任老头可不会当省心的领导，他是既摇头又点头，从不推诿和避嫌。"

他还是中国运载火箭国际商业发射服务的积极倡导者和实施的主持者。1986年11月21日，被任命为对外发射卫星(867)工程的总设计师。1990年初春，他坐阵西昌卫星发射中心，首次主持执行长征三号发射美国制造的亚洲一号通信卫星合同。他深知这次发射的开拓意义和非同寻常的重要，反复告诫他的同事："淹死会水的。别看长征三号前几次发射成功了，就是成功了100次，第101次的工作也还得像第一次一样，来不得半点疏忽和懈怠，稍有松懈，照样失败。"1990年4月7日，长征三号在其诞生6周年之际，再现英姿，将亚洲一号卫星准确地送入预定的地球同步转移轨道，圆满地完成了发射合同，实现了我国运载火箭国际商业发射服务零的突破。消息传开，神州大地激荡，炎黄子孙振奋，早年相识的海外华人写信给任老总，倾诉他们激动而喜悦的心情："我做梦也没有想到中国的火箭能发射美国的卫星！祖国的强大、昌盛使我们感到骄傲和自豪，好扬眉吐气呀！"他也很受感触："没想到国际影响会这么大。"他再一次切身领悟到航天科技是一个国家综合国力和科技实力重要标志之一的深刻内涵。

（二）1993年至1996年，在航天型号执行发射任务中，出现了几次挫折与失利：1993年10月8日发射的改进型返回式遥感卫星回收失败；1994年4月2日，风云二号气象卫星在技术厂房爆炸；1996年1月26日，长征二号E发射亚太二号通信卫星失败；1996年2月15日，长征三号乙发射国际708通信卫星失败；1996年8月18日，长征三号发射中星7号通信卫星失败。这些挫折与失利给中国航天科技工业带来了巨大的压力，国外的舆论界也火上浇油地惊呼："中国航天怎么啦?!"中国航天面临十分严峻的形势。作为老航天的任新民，既没有被困难和挫折所吓倒，也没有坐视旁观，而是勇敢地站了出来。有的他担任故障审查委员会的主任；有的他直接领导和主持故障分析工作；有的他既参加故障分析工作，又是故障评审的重要成员。故障分析、审查与评审工作是非常棘手的，有的实物在天上，有的已被炸掉，担任故障审查委员会主任更是处在风口浪尖和矛盾的漩涡之中，各单位及其研制人员都十分关注和斤斤计较故障分析的结论。但任老总对此却很坦然："说到底还是怕不怕得罪人，怕不怕负责任。只要抛弃个人的私心杂念和患得患失，坚持实事求是，我就不相信故障分析下不了结论。"他是这样想的、这样说的，也是这样做的。在有关型号的故障分析及其评审过程中，他坚持以事实和数据为依据，认真听取各方面的意见，充分发扬技术民主，但他决不允许无休止的争论和"死不认账"，尽管"争吵"得十分激烈，甚至是争得面红耳赤，但都适时地得出了故障分析的结论意见、评审意见，并提出了改进措施的建议，这些都经受住了实践的检验，做到了定位准确、机理清楚、措施有效，从而保证了后续任务的圆满完成。他用自己的无私无畏为各级领导排了忧、解了难。

那是在第一颗东方红三号通信卫星出厂的评审会上，各位评审委员会委员、专家各抒己见，发言十分热烈，对存在的问题及改进的措施都发表了十分尖锐而中肯的意见。会议的主持者洞察会

议的态势，觉得对同意出厂的表决恐难通过，主持者还没听到任老总的发言，灵机一动，宣布会议休息。主持者找到了任老总，彼此交换了意见，并请任老总系统地讲讲。休会后任老总做了发言，以一分为二的观点，实事求是地评价了研制单位所做的工作及目前的质量状况，严肃地指出了存在的问题和应该补救的工作，并开诚布公地讲："能够做的工作一定做透、做好，但有些工作恐怕不是几个月、半年，甚至一年所能完成的，有的需要更长的时间，可到那时电子元器件等又都过期了，情况会更复杂。权衡利弊和综合考虑各方面的情况，我同意出厂。"最后他还谆谆地嘱咐："到发射场后一定要精心组织、精心测试，不放过任何一个疑点与问题，东方红三号是能够发射成功的。"与会人员听了他的发言，都感到讲得实在，有道理，在最后表决中，一致同意出厂，并通过了评审意见。

还有一次，那是 1996 年执行发射亚太一号 A 通信卫星任务的长征三号即将出厂，正值航天型号几次发射失利，运载火箭的国际商业发射服务面临着"失败不起，没有退路，只能成功"的严峻形势，虽不能说是"草木皆兵"，但也确有"一朝被蛇咬，十年怕井绳"之意，自然都是更谨慎从事。有人提出：这枚长征三号的一级发动机已存放 5 年，超过了存贮期，质量能否保证？有关的发动机专家对此也不置可否。这成了长征三号能否出厂的大难题。他找来了一级发动机出厂评审组的组长和有关的发动机专家，一针见血地说："你们是搞发动机的，现在的形势，你们没有明确的意见，到总公司领导那里，他们也难下决心呀！"他接着指出："发动机这类产品在厂房存放 5 年就不行了，那原来的液体发动机的导弹怎么使用?!为慎重和稳妥，应进行严格的检查和必要的试验，非金属密封件该换的就换。对处理的发动机我同意出厂，我首先签字，出问题我第一个负责。"他还略带批评的口气说："谁都不敢负责，就等于没人负责。"后来顺利地通过了一级发动机和长征三号的出厂评审。1996 年 7 月 3 日，长征三号成功地将亚太一号 A 卫星送入了

预定的地球同步转移轨道。事后，大家都为他艺高人胆大、困难之时挺身而出的精神而赞叹，都说任老总这是化险为夷之举，因为这枚长征三号是因为第一颗风云二号在技术厂房爆炸而剩下来的，这种推力的一级发动机仅此一台了，如果这台发动机被判作不能上天，长征三号何时出厂，何时能发射亚太一号 A 就没谱了。

（三）1984 年，我国的试验卫星通信工程任务完成后，他在几多兴奋中，也产生了诸多忧虑："前 30 年我们走过来了，后 30 年中国航天干什么？如何干？需要及早规划。"在那一段时间里，他用了相当多的精力思索这个问题，找有关人员研究讨论，并形成了初步框架设想：运载火箭要改进、提高、完善，动力系统、控制系统、结构系统都要提高技术水平；推力为 120 吨左右的液氧煤油发动机、50 吨左右的氢氧发动机应开展预先研究，对低轨道运载能力为 20 吨左右的运载火箭应进行规划和总体技术方案的制订；现在运载火箭使用的有毒推进剂的液体火箭发动机要逐步更换为液氧煤油发动机；运载火箭要形成合理的、满足需要的型谱系列；努力降低成本，不断提高质量与可靠性；要千方百计地进入国际商业发射服务市场，并不断地巩固和扩大市场占有份额。应用卫星更要尽速提高技术水平，提高技术性能指标，尤其是长寿命和高可靠的问题；对一些国家急需的应用卫星要建立长期、稳定、协调、持续运行的系统，切实在国民经济建设、国防建设、科技进步和社会发展中发挥效益；根据需要和可能，本着有限目标、突出重点的原则，进行统筹规划，逐步增加急需的新品种应用卫星，使应用卫星逐步配套；应用卫星、地面应用系统、应用的理论方法要协调发展，有些应并行研制，使上天的应用卫星得到适时的、充分的应用。

他不仅冥思苦想地研究规划，还利用一切机会，想方设法地向国家有关领导及综合部门宣传他的规划构想，旨在使中国航天保持发展的势头，继续在世界航天高科技领域占有一席之地，服务于国家科教兴国和可持续发展两大战略。1988 年 10 月，他以中国宇

航学会理事长的名义，发起并主持召开了“加速发展中国航天事业研讨会”；1989 年 8 月，他又以宇航学会的名义，发起并主持召开了“应用卫星与卫星应用研讨会”。8 月 26 日，李鹏总理等接见了会议代表，并听取了任新民及其他 8 位会议代表的汇报；1990 年 4 月，在纪念我国第一颗人造地球卫星发射成功 20 周年之际，他又以中国宇航学会的名义，主持召开了“航天技术与国民经济建设研讨会”。通过这一系列活动，宣传了中国航天，宣传了航天与国民经济，宣传了中国航天的未来。这三次研讨会都已整理和出版了研讨会文集，李鹏总理亲自题写了《中国航天发展战略探讨》的书名，为中国航天发展战略与规划的制订工作发挥了作用。

任新民对我国载人航天技术的发展更是情有独钟、关心备至。1985 年 7 月，经过近一年的酝酿、准备，由他发起并主持召开了航天部科技委关于太空站问题的讨论会，就发展载人航天的必要性、技术经济可行性及技术途径等进行了交流和研讨。他还为会后出版的《太空站讨论会文集》撰写了前言，明确地提出：“为使国家尽快地、不失时机地做出这一决策，我们直接从事航天事业的同志应该充分地做好技术经济可行性分析。”他还指出：“从现在起就应有一个长远规划，把这一工作列为一个项目纳入规划，对其中的某些单项关键技术立即着手研究，一旦国家下决心发展太空站和它的运输系统，我们就能及时起步。”他还动情地倾述了对中国载人航天的信心与企盼。

经过各方面的努力和进取，党和国家领导人非常关心和重视航天高技术的发展，特别是得到了邓小平同志的重视与支持，使我国的载人航天技术被列入国家的《高技术研究发展计划(863 计划)纲要》，并得以开展。他在担任载人航天工程技术经济可行性论证的评审组组长中，本着严肃认真、实事求是的原则，千方百计地统一各方面专家的意见，对技术经济可行性论证报告提出了公正的、有指导和改进意义的评审意见，受到了有关领导、专家和科技

人员的称赞。

任新民在其近 60 年的科技生涯中，特别是在从事航天事业的 40 多年征程中，不仅在科技工程、学术技术和科技管理诸方面取得了累累硕果，而且通过自己的言行和坚实的足迹，铸就了他无悔无怨、献身事业、光明磊落的朴实人生；他处处以事业为重，识大体、顾大局；工作上勤奋刻苦，深入实际，任劳任怨；管理上实事求是，一切从实际出发，敢于负责，多谋善断；治学态度上严谨认真，精益求精；他严于律己，宽以待人，扎根于广大科技人员和工人之中。他的宽广胸怀和高尚的品格，受到了广大科技人员和工人的敬重，成为集中体现航天精神的一位楷模。

一位火箭总设计师的追求

——记屠守锷

贺　青　周德山

1980年6月10日的夜晚，人民大会堂灯火辉煌。这里正在举行一个隆重的大会，庆祝我国远程运载火箭首次向太平洋发射成功。在主席台最后一排座位上，坐着一位年逾花甲的老专家，戴着一副已现老化细纹的黄边眼镜，沉静的面容显得十分严肃。他就是我国远程运载火箭的总设计师屠守锷。岁月的流逝，长年的操劳，在他那突起的前额上留下了深深的皱纹，花白的头发已经明显稀落了。此刻，他掸去一身征尘，静静地坐在那里，像往常一样，好像在思考着什么。的确，他刚从火箭发射基地回来。远程火箭刺破青天、长啸云霄的壮观奇景，把我们的总设计师从火箭工业创业维艰的昨天带到了中国的航天事业走向世界舞台的明天……

一、把火箭送向太平洋

向太平洋发射远程运载火箭的任务，是

1977年9月经党中央批准确定的。1980年3月9日，以国防科委首长发布“动员令”为标志，这项任务进入了最后实施阶段。3月30日，屠总所在的试验队向酒泉基地出发了。

初春的北京，许多人已经脱去了冬装，可是在塞外，仍然寒气袭人。在奔驰的列车上，各个车厢都很热闹，可他所在的车厢里却十分安静。他不大多讲话，即使同志们找他商量事情，他的话也很简短。但从他那略带江浙口音的谈话里，你却可以感受到一种学者的睿智和严谨。他更多的是在思索，一个人静静地思索，他的大脑就像一部不肯停转的机器，一遍又一遍地思考着——每一次的决策是否正确，每一项技术措施是否可靠，每一个重要部位是否还有薄弱环节……人们都不愿去打扰他，因为他每天只有两三个小时的睡眠。他睡不着，也没有时间睡觉，需要总设计师考虑的问题实在太多了。一枚大型运载火箭，包含着很多复杂的系统，集中了几乎所有的当代高技术，在某种意义上说，它本身就是一个国家科学技术水平和工业生产能力的标志。向太平洋发射运载火箭，整个世界都知道它意味着什么，并且有些国家还在追踪探询。作为这样一个大型系统工程的总设计师，他知道自己肩上的分量。对于指挥大型运载火箭的飞行试验，他并不陌生，戈壁滩上曾留下过他无数的脚印。但是这一次，却是向太平洋发射远程运载火箭。试验的规模之大，范围之广，要求之高，技术之复杂，组织之严密，在我国都是空前的。

这些年来，为研制火箭，他度过了无数个不眠之夜。为了提高火箭的可靠性，为了节约研制资金，为了解决火箭的一些技术问题，他到过火箭发动机研制基地，到过大规模集成电路和计算机研制基地，到过三线的火箭生产基地，到过各个火箭试验基地。为了祖国的航天事业能够不断攀向新的高峰，他不辞辛劳，无数次地往返奔波于陕西、四川、甘肃、山西与北京之间。祖国的大江南北，大漠高原，到处都留下了他的足迹。无论走到哪里，他关心、惦记的总

是工作，唯独没有自己。这种忘我的工作精神，一直被许多同志所称道。遇有技术问题需要拍板决定时，他既有深入细致的分析，也有敢于决断的胆识。在一次重要的试验中，为确定火箭发动机的一个活门是否需要更换，会议从晚上七点一直开到次日凌晨两点。会上大家众说纷纭，各抒己见，两种截然相反的意见争执不下。此时，时间就是速度，为了赢得时间，总设计师从各个方面认真作了科学的分析，排除一切疑点，审慎而又大胆地决定：这个活门可以不更换。许多事情看来似乎很简单，但在复杂的氛围中要做出正确的判断，绝非易事。后来的试验，证明这个决断是正确的，这既避免了无谓的经济损耗，也争得了宝贵的时间。同志们在同他一起工作的过程中，更加深了对他的信赖。

正确的决心来源于正确的判断，而正确的判断则来源于对实际情况的准确了解和体察。为了掌握第一手资料，他经常深入到研制和试验的工作现场，随时精心地分析和解决所发现的各种技术问题，甚至不放过一个问题的细枝末节。在火箭试验基地的日日夜夜里，他几乎都是在测试现场度过的。大戈壁的天气变化无常，有时烈日烤人，有时飞砂走石。有一次遇到"砂暴"，狂风卷着砂石弥漫了整个天空，好像天地都笼罩在那黄色的砂雾中，行进在旷野的道路上，根本无法睁眼。屠总从测试现场回到驻地，浑身上下，连耳朵、鼻孔，甚至衬衣里都灌满了沙土。

紧张的发射准备工作结束了，比原来计划的准备时间提前了。是否可以提前发射？这可是件举足轻重的事，因为它牵涉到几万人的统一行动计划的调整。但这件事对总设计师的诱惑太强烈了，他无法拒绝。再说箭在弦上，他急于想知道这个远程火箭型号接受实践检验的结果。夜深了，劳累一天的同志们已经入睡了，基地招待所的小会议室里还亮着灯光，试验队各分系统的专家都来了。总设计师静静地听着副总设计师及分系统设计师的汇报，不时插话问及一些问题的处理情况。他了解他们，完全信任这些助手们的判

断。他是那种擅长于从全局把握，而充分调动助手积极性的领导者，在各个分系统的工作中，他让每一位副总设计师独挡一面。但他对听到的每一个问题又是熟悉的，他每天都分秒不缓的紧紧地把握着每一个分系统重大技术问题的脉搏。听完汇报，他同院领导交换了意见，当即决定：火箭准备情况良好，可以报上级批准，提前发射。

无风的夜，天空繁星闪烁，空气清新宜人。从会议室出来的人们倍感振奋，他们无暇观赏大戈壁的夜景，急匆匆地奔向自己的住所。他们耳边回响着总设计师的话："这次工作进行得比较顺利，但也暴露出一些薄弱环节，需要以后进一步做工作。大家一定不能松劲，火箭飞到太平洋，而且落点很准，才算完成任务。"这次火箭的工艺质量之佳，是大家公认的，总设计师并无这方面的担心。但人们理解总设计师此时此刻的心情，为了中华民族的腾飞，我们应当奉献出第一流的工作。

火箭就要发射了，面对这耸立在发射架上的庞然大物，年轻人已经有点抑制不住自己的激动情绪了，他们都在久久地注视着那就要冲上云天的中国第一枚远程火箭，仿佛一场大战的前夕，他们的心怦怦地跳着。可是技术总指挥屠守锷那铜铸一般的面容，却显得异常镇定，沉静中带着几分刚毅。他坚信，航天儿女的血汗不会付之东流。当乳白色的火箭喷着烈焰冉冉升起，划破万里长空，准确地落入太平洋预定海域的时候，多年为之奋斗的理想终于变成现实，他的心在激荡着，他真正感受到了一个创业者业成时的幸福。是的，一个科学家的最高享受，莫过于看到自己科学研究的成功。然而，他没有沉浸在成功的喜悦中，像往常一样，他更习惯于在成功中寻找问题，探索新的目标。他没有像年轻人那样激动，却十分冷静地在思索着，思索那些没有完全解决的问题，那些已经走过和将要走的路。

二、火箭研制历尽艰辛

早在60年代中期，屠守锷就开始了远程火箭的设计。一个新型号火箭，从技术方案的确定，到拿出全套设计图纸和技术文件，这本身就是一项复杂的工程，更何况是远程火箭。而一个总设计师，处于这种大型系统工程的首脑地位，他必须善于从全局、从战略角度思考问题，善于把握各个分系统的主要技术指标和关键技术问题，并将它们有机地组织到总体中去。正是具备了这种素质的屠守锷，被任命为远程火箭的总设计师。

他不拘泥于现有技术水平，敢于采用新的技术成果，谨慎地向世界水平冲击。在远程火箭的设计中，他第一次应用了自生增压系统，液压伺报机构及摇摆发动机的推力向量控制技术，平台—计算机制导技术，新的高强度结构材料等等。

他对人宽宏大量，张弛有度，对生活细节，他从不计较，但对工作作风，要求却很严格。他曾对一位设计员提出的技术见解，认真地写了详细的意见，勉励他做更深入的探讨。也曾因为一位同志开会迟到，提出过严厉的批评。所以大家愿意向他请教问题，也愿意把自己成熟或不成熟的技术设想说给他听，听取他的意见，但也真有点“怕”他。

更难得的是，在分析各种错综复杂的技术问题时，他能够准确地抓到问题的本质，而且思路清晰，条理清楚，逻辑性强。

我国火箭事业的发展是高速度的，如今它已开出了灿烂的花，结出了丰硕的果，但人们往往只是惊叹它现时的明艳，却不知道它稚弱的芽儿，曾浸透了多少奋斗者的眼泪和汗水，甚至浇洒了英雄的鲜血；不知道它成长的过程多么崎岖、坎坷。当远程运载火箭的设计工作刚刚全面铺开的时候，神州大地遭受了一场政治龙卷风的袭击。它不仅扫荡了正常的科研生产秩序，也严重压抑着建设者

们的心。我们的远程火箭计划曾激励过多少人奔放的奋斗热情，如今，总设计师和他的助手们精心设计的技术方案，却不能如期实施。如此庞大的系统，复杂的工程，却没有正常的研制环境和工作条件。生于乱世，先天不足，远程火箭的研制异常艰难。面对此情此景，我们的总设计师真着急啊！

然而，困难还不止这些。为人坦率、正派的总设计师，从来就光明磊落，他在任何情况下都敢于讲出真正是属于自己的意见，而绝不看别人的脸色和所谓政治气候。在习惯于随波逐流者看来，他的脾气确实有点"倔"。而在那"株连"成风的年代，这竟使科学家和科学遭受着同样的命运。

70年代初，远程火箭曾做过数次飞行试验，其中有成功，也有失利。成功，证明它的总体设计方案是可行的；失利，则暴露出生产的质量问题和设计上的薄弱环节。科学有它自己的规律，在那颠倒黑白的年代里，生产者和设计者都在经受着磨难，用什么来保障出高质量的产品？而要扭转那种局面，一个火箭设计师是无能为力的。他能做的就是凭着一名共产党员对党的事业的忠诚，做好自己的本职工作，把损失减小到最低限度。他继续在十分恶劣的环境下努力工作。于是有人污蔑总设计师"不要党的领导"，是"资产阶级反动权威"，更有人趁机打小报告，企图把罗织的"破坏"罪名，强加在中国火箭事业创业者们的头上。正直的科学家饱尝了被批判、受审查的苦涩。他默默地忍受着，继续全力地做着总设计师的工作；为磨炼自己的革命意志，他坚持每天打太极拳，以一种大无畏的精神，表达着对党、对人民的忠诚。

人民是理解他的。科技人员和工人仍然听从他的指挥，大家相信他。40年代初，他以优异的成绩，取得了公费去美国留学的资格；在麻省理工学院研究生部学成后，又在美国一家飞机制造厂里任工程师。但他的心，却时刻想念着苦难深重的祖国。抗战胜利的消息一传到美国，他便放弃了优厚的待遇和舒适的环境，毅然决定

回国。如果说这个决定本身非同凡响，那么实现它却是艰难的。乘超音速飞机横越浩瀚的太平洋，现在只需要数十小时，而在当时他却只能乘汽车，几经辗转来到北美大陆的西海岸，在旧金山搭上一艘军舰，历尽旅途的艰辛，才终于回到了可爱的祖国。1948 年底，当解放战争正炮声隆隆，北京尚未解放的时候，他已经成为伟大的中国共产党的一名光荣战士。对这样一位赤诚爱国，忠实于党和人民事业的老专家，人们有什么理由不相信他呢？

党是理解他的。敬爱的周总理一直在关注着我们航天事业的成长，他理解火箭专家们在探索中受到的挫折。1972 年 9 月 13 日他到研究院视察时，走到远程火箭旁边停了下来，深情地说："我们现在是试验阶段，产品不稳定，每次试验总要出点问题。要提高产品的可靠性。"火箭研制者们的眼睛湿润了，此时此刻，总理的话就像一股春风，温暖着一颗颗受伤的心，激励着人们在逆境中奋进。而当那份"审查"总设计师的报告送到国务院时，又是总理把它压了下来。周总理曾经保护过一大批各行各业的英才，其中也包括我们老一辈火箭专家。

疯狂的 10 年终于过去了。当人们从恶梦中醒来，抬眼去看世界，这才惊奇地发现，我们同世界本已缩小了的差距，又拉大了。但春天毕竟来到了。伟大的党依靠人民的力量，赢得了国内空前安定的政治环境。这时，只有在科学的春天里，总设计师才有了施展才能的广阔天地，才能去彻底解决研制过程中出现的各种问题。他和同志们逐项研究了设计上的薄弱环节，工艺上的难点和重点，管理上的经验和教训。液压伺服机构，平台，计算机，陀螺仪……凡是在天上飞行和地面测试中出现过问题的部件，或发现过疑点的部位，统统排了一次队，然后就总体和局部，制定出一系列提高可靠性的措施。整个研制队伍都投入到了这场全面提高设计质量和工艺水平的战斗。年近六旬的老专家，倒像年轻人一样精力充沛，他一次次地到生产车间，一次次地到试验基地，迈着矫健的脚步，到科研

生产第一线去调查研究和解决各种技术问题。远程火箭的研制像插上了翅膀的骏马，在一个新的起点上扬鞭奋蹄。十几次的飞行试验，每次都获得成功。屠总笑了，由衷地笑了，一向不大爱讲话的他，这时候却常见到他跟同志们开玩笑并开怀大笑。

十几年的不懈努力，需要多么坚强的毅力和信心。每一个分系统的研制成功，都经历过智力劳动的无数创造过程，都是集体智慧的结晶、一项达到世界水平的技术成果。而它们的总和，便成为当代科学技术的尖端。这些年来，在总设计师的指导和培养下，一批中青年科技人员在技术工作的实践中，迅速成长为科研生产的骨干。当他 1980 年 11 月任七机部总工程师组组长时，他的几位主要助手都已成为当之无愧的七机部总工程师。

成果，就是这样取得的；人才，就是这样成长起来的。

三、严谨的开拓者

在中国航天事业刚刚起步的时候，屠守锷作为聂荣臻元帅亲自点名的技术专家之一，于 1957 年 2 月被调到国防部导弹研究院。这位风华正茂的清华大学航空系教授，40 年代就成名的航空结构力学专家，从此开始了他新的创业生涯。

1957 年 9 月，他以技术顾问的身份参加了聂帅率领的赴莫斯科谈判代表团。建院初期，他参加过结构强度研究所及地空导弹总体设计部的组建，主持过地空导弹的研制和一分院的型号总体工作。有的外国人曾讥笑我们研制导弹与火箭的能力，他没有自卑和泄气，而是豪迈地说："人家能做到的，不信我们就不行。"惟有"不信"而自信，这正是我们民族的力量，一代开拓者创业、攻关的力量！

1962 年 3 月，我们自行设计的第一枚火箭，在首次飞行试验中坠毁了。在这研制工作的困难时刻，他作为导弹研究院一分院的

副院长，受命主持运载火箭总体设计部的工作，对这次失败的原因，开展了系统而全面的分析研究。他以敏锐的科学思维，坚实的技术功底，指导着设计人员的工作。几十次，几百次的试验，各种环境条件下的模拟试验，分系统和总体的试验，大量的数据处理，反复地比较、分析、综合。两年的苦心研究，终于有了结果。工作是浩繁的，单是结论性的总报告，就有 67 页之多；进展是迅速的，修改设计后，从 1964 年 6 月始连续 8 次飞行试验成功；经验是宝贵的，那就是必须遵循科研工作的规律，设计方案必须建立在可靠的基础上，必须加强地面模拟试验，"绝不带一个问题上天"。

他以勤奋和博学，赢得了大家的敬重。人们也在实践中，看到了一个火箭研制战略家的干才。是他，主持一分院科研发展"八年规划"的制定；是他，担负起了三种新型号火箭总体方案设计的领导重担；是他，首先在远程火箭的设计中推广应用了可靠性评估方法。

治学严谨的科学家，总是要亲自动手解决那些关键性的问题。他亲自动手校核过我国第一个火箭型号的结构强度；在中远程火箭的研制中，他研究制定出结构方面的可靠性设计方法；他仔细分析研究远程火箭的环境试验数据和资料，及时提出了试验的主攻方向。

为了求得火箭的振动模型，国外普遍采用的方法是逐点模拟试验，这既耗费巨资，又旷日持久，实在有必要予以改革。我们的同志曾问过外国专家："能不能用计算方法解决？"回答是："你敢吗？"我们的总设计师没有躺在别人的结论上，他开始了勇敢的探索。在处理大量、繁忙的工作的同时，他利用近两年里的一切空余时间和节假日休息时间，凭着他渊博的知识和深厚的技术理论基础，推导出大量的计算公式，排定了几种计算方案，亲手计算了大量的数据，对结果反复进行对比和分析。一个适用的工程计算方法终于制定出来了，他撰写了一篇很有价值的论文：《火箭横向振动的振型

和频率》。他向我们展示出了老一代学者在科学研究中追求真理的勇气和热情。

在远程运载火箭、潜艇水下发射及通信卫星这三项重点试验工程相继完成之后，中国的航天技术下一步该怎么走；航天工业怎样才能为实现党的总任务，为国民经济翻两番的目标做出贡献？这些问题，时刻在屠守锷的脑际中萦回。他在出席党的第十二次全国代表大会之后，不止一次地对同志们说："我们不能只站在航天部的圈子里说话，应当从整个国家发展的角度来考虑问题，为中央和国务院出主意，当参谋。"他开始了航天技术在国民经济发展中的地位问题的研究。

80 年代初，国内某些经济界人士对发展航天颇有微词，似乎要发展国民经济，就得放弃航天事业。这些议论显然在国家的经济发展规划方面产生了影响。总设计师不是经济学家，但科学的规律是相通的，科学家都有科学的思维，他更习惯于从技术科学和经济学的结合上，审视着每一个战略的和技术的决策。他坚持认为，航天技术可以利用空间的高真空、微重力、无振动、无菌等环境，这是其他任何技术所无法比拟的。开发航天技术既可以带来巨大的经济效益，有利于振兴经济，又能促进科学技术的发展。因此，我们"应该像在南极建立自己的工作站那样，早下决心开发空间技术"。他算了这样几笔账。其一，"要建设一个能覆盖全国的广播电视系统，如果应用航天技术，其费用可比常规方法节省一半还多；它能迅速地普及全民教育，从而提高整个中华民族的科学技术和文化水平。"其二，发射两颗国土普查卫星，"就可综合应用于地质普查，资源开发，水源利用，环境保护，铁路和航道的选线，农林渔牧规划，森林开发与控制，甚至考古等方面"。其三，"气象卫星对预报灾害性天气的准确度，比其他手段好得多。"其四，利用空间环境，"不仅可以做许多地面作不到的科学实验，还能生产新的材料，开展生物、生命和医学等领域的研究，以及大规模地利用太阳能，进而作

为开发宇宙的基地”，因而有着巨大的经济潜力。从总设计师的分析中可以看出，这件事应当是很明白的。可是我们有些人偏偏看不到这些，他们的眼睛往往只是盯着航天工程的投资，却不愿意看到它所能赢得的巨大社会效益和国民经济效益，而这种效益有时是无法估量的。

屠守锷没有等待，他在用自己的行动履行着“为党中央和国务院出主意、当参谋”的诺言。从国家的发展战略出发，他分析了我国的经济能力和发展需要，并且根据我国目前的技术基础状况，研究出了我国航天技术下一步发展的途径和策略。1985 年 4 月 3 日，他和梁守槃、卢庆骏、张镰斧、陆元九、谢光选等五位同志一起，向中央领导同志报送了关于“成立领导小组，大力发展航天技术，为国民经济建设服务”的建议。邓小平同志对这个意见很重视，他在 4 月 21 日的批示中写道：“我认为这是一件重要的事情。”

如今，他已从总设计师的岗位退下来了，但仍在关注着航天技术长远规划的制定和新技术途径的探索，继续满腔热情地追求着祖国航天事业的未来。

作者贺青系一院科技委秘书；周德山系一院科技委秘书长、高级工程师

愿持如石心　为国作坚壁

——记黄纬禄

任献忠

40多年前，当他来到北京西郊这个警卫森严的神秘大院时，他想的是："生在永定路，死在八宝山"，为发展祖国的火箭（导弹）事业殚精竭力，默默耕耘，当一辈子无名英雄。可是后来，他却偏偏出了名：他不仅先后荣获"航天工业部劳动模范"、"北京市劳动模范"、"全国先进工作者"的光荣称号，而且荣获"全国五一劳动奖章"；不仅先后当选为全国第六届、第七届人大代表和党的十三大代表，而且当上了中国科学院资深院士和国际宇航联合会院士。1994年8月22日，李鹏总理在钓鱼台国宾馆亲自向全国十位杰出科学家颁发"求是科技基金奖"，他又荣幸地获得了这项百万元巨奖。

他是谁呢？他何以享受这样的殊荣？

他就是中国航天工业总公司高级技术顾问、我国潜地火箭和陆基机动发射火箭总设计师黄纬禄同志。40多年来，他把自己的全部心血倾注到火箭研究工作中，为发展我国航天事

业作出了重大贡献。他以自己的卓越成绩和高尚品格赢得了人们的尊敬，赢得了无愧的荣光。

“我常常有一种愧疚感”

第一次采访黄总那是十六、七年前的事了。当时，航天工业部党组作出了《关于开展向黄纬禄同志学习活动的决定》，我奉命到京内外一些单位宣讲黄总的事迹，由此和黄总进行过几次长谈。谈及过去的历史，黄总略带深沉地说：“回忆往事，我常常有一种愧疚之感，”接着他便谈起了他的身世——

“我是安徽芜湖人，1940年毕业于原中央大学。在第二次世界大战期间，我抱着‘科学报国’、‘工业救国’的幻想远涉重洋去英国留学。1947年，我在伦敦大学获硕士学位后怀着满腔热情回到祖国。可是，当时展现在我面前的是，国共和谈彻底破裂，战争的烟云笼罩着祖国大地。我感到空怀壮志，报国无门。那时，我对共产党、国民党都不很了解。上海解放前夕，我亲眼目睹了国民党统治的腐败状况；上海解放时，我也亲眼看到了人民解放军为不惊搅市民露宿街头的情景。从共产党及其领导下的人民军队身上，我看到了中华民族的希望。就在那一年，我参加了革命工作，先后在华东工业部电工研究所和通讯兵部电讯技术研究所任研究员。直到50年代中期，我才来到航天战线。”

谈到他来到航天战线时的情景，黄总有些激动了。他又讲起了那次难忘的报告会——

50年代中期，一个迎春花初绽的时节。

中南海怀仁堂内云集了陆海空三军将领和有关技术专家。主持会议的陈赓大将作了简短讲话后，刚从美国归来的钱学森同志开始向大会作报告。钱学森从自己辗转曲折回到祖国的经历谈到国外航天技术的发展状况，从对祖国的思念谈到对发展我国航天

事业的宏伟理想。

“我们中国人也不比外国人笨，外国人能搞出来的东西，我们中国人也一定能搞出来！”钱学森同志的讲话赢得了一片热烈的掌声。赤子之心是相通的，黄纬禄越听越激动，他环顾四周，一个个英姿焕发的军事将领都在聚精会神地听着、记着。望着他们那闪光的肩章、耀眼的银星，黄纬禄心头不知怎的忽然升起愧疚之感——我有什么资格同他们坐在一起呢？为了中国人民的解放事业，他们出生入死，浴血奋战，用青春和热血换来了共和国的诞生。我呢？……对，好男儿为国献身岂止在沙场？我没有为缔造新中国流血奋战，但我要为保卫新中国、建设新中国竭尽全力！

听完那次难忘的报告，他的心久久不能平静。他多么希望自己马上投入我国火箭（导弹）事业的研究中去啊！

1957年的一天，黄纬禄的愿望终于实现了。刚刚组建的我国第一个火箭导弹研究机构——国防部第五研究院要扩大建制，成立两个分院，黄纬禄被调到二分院（今航天工业总公司第二研究院前身）从事火箭（导弹）控制系统研究工作。党的信任，人民的重托，使他热血沸腾。他兴奋，他激动，他要用自己全部的知识、才华和心血来铸造祖国的航天神剑，为祖国筑起新的长城。

“火箭就是他的生命”

曾任二院副院长的原国家科委主任宋健同志在谈到黄纬禄时说：“作为一名科学工作者，是不是热爱党、热爱人民、热爱社会主义祖国，重要的一条就是看他对党和国家所交给的任务是不是尽职尽责，有没有一股勇于拼搏、苦干实干的献身精神。黄纬禄正是把自己对党对祖国的深厚感情倾注到自己所从事的事业中，他把航天事业的发展同国家的安危、人民的幸福密切联系起来，以高度的事业心和责任感忘我工作。他的心是紧紧和火箭连在一起的，火

箭就是他的生命。”

“火箭就是他的生命!”是的,从投身航天事业那一天起,40 多年来,他日日夜夜殚精竭虑、呕心沥血地奋斗,攀登,即使在十年动乱的日子里,他仍然忍辱负重,不辍耕耘。

1970 年,黄纬禄被调到离家 50 里外的单位工作。当时,他的三个孩子都下放到边疆插队,家中只剩体弱多病的老伴和一位 70 多岁的老表姐,他每天要到那么远的地方去上班,困难实在不小。但他想到事业发展的需要,二话没说就去报到了。每天,他骑自行车往返一百多里上下班,宁可自己披星起,戴月归,也从不迟到早退。

一次,天刚下过雪,路很滑,他骑车一拐弯摔了个大跟头。胳膊摔伤了,吃饭时连筷子都拿不住了。自行车没法骑了,他就去挤公共汽车,每天来回三四个钟头,倒六七次车,他依然不迟到、不早退。这对一个年过半百的老专家来说,是何等的不容易啊!

长期的忘我工作,使他积劳成疾,高血压、胃溃疡、肾结石接踵而来。他仍然置个人安危于不顾,一心扑在事业上。一次,他带队去某基地进行飞行试验。由于北京和基地两地温差很大,他一到基地就患了重感冒,发高烧。晚上试验队加班,同志们再三叮嘱他好好在宿舍休息。谁知他当时一口答应了,可等大家走后他又一个人摸黑步行两里多路赶到加班现场,人们怎么劝他他也不回去,一直和大家一起干到第二天天明。试验队另一位领导同志半开玩笑地摇着头说:“黄总啊,我们可真拿你没办法!”

1982 年,是黄纬禄主持研制的新型运载火箭首次进行潜艇水下发射试验的关键一年。他这位总设计师,像百米运动员进入“冲刺”阶段一样拼搏了。

早春二月,他在北京召开总师会议。会议开始的第一天晚上,他就出现便血并伴有发烧。他估计是长期胃溃疡引起的胃出血,并清楚地意识到可能会产生的严重后果。但他想到,自己这个总设计

师如果不参加会议，许多问题定不下来，下一步工作就不好办。于是他悄悄找到秘书，让秘书到医院给他要点止血药，并再三叮嘱秘书为他“保密”，他强忍病痛主持会议，直到五天会议开完，他才去医院检查治疗。

盛夏酷暑，他在具有“火炉”之称的南方某地参加产品出厂鉴定会，同技术人员和工人师傅一起研究解决有关质量问题。

金秋时节，他在渤海之滨，同国防科工委的海军首长一起指挥了那场举世瞩目的特殊战斗。

当我国第一次潜艇水下发射运载火箭成功的喜讯传遍全国、飞向世界的时候，炎黄子孙万众欢腾，华夏儿女举杯相庆。可是，人们哪里知道，为着这成功的一天，我们的科研、生产和试验人员曾经付出了怎样的代价！黄纬禄这位总设计师，经过两个多月的过度操劳，体重从 128 斤一下子降到了 106 斤。不必去记述他在试验过程中的具体工作情况了，这 20 多斤的体重消耗，不就是他付出的血汗吗！

那次海上试验以后，黄纬禄深感自己年迈体衰，力不从心了。为了在有生之年为祖国的航天试验多做一点贡献，他更加快了工作和生活的节奏。有一年，他刚刚从医院出来就拖着多病之躯远足千里，四处奔波，亲自到各有关单位了解情况，指导工作。不到五个月时间，他跑了六个省，直到大年除夕才回到家中。

1988 年，当我国核潜艇水下发射运载火箭的试验工作开始后，72 岁高龄的黄纬禄又风尘仆仆赶到试验现场。试验结束后，他回到北京还没来得及休息，就又冒着严寒赶赴西北戈壁滩，参加另一个火箭型号的飞行试验工作。一位和黄总长期共事的老同志十分感慨地说：“他真是‘老牛明知夕阳短，不待扬鞭自奋蹄’啊！”

"你真是我们的好指挥员"

航天事业，是一项十分复杂而又耗资巨大的系统工程。工作中稍有不慎，就可能给党和国家造成重大损失，使千百万人的劳动付之东流。黄纬禄作为一名技术指挥员，深深知道自己肩负的责任。他时时刻刻把周总理"严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失"的教诲铭记在心。从产品的设计、生产到飞行试验，每一步、每一次他都一丝不苟，严格把关。

有一次，某运载火箭总装测试时，有一个继电器偶尔出现了一次该吸合而不吸合的现象，后来大家又反复测试几十次，这个现象再不复现了，有的同志认为可能不是继电器的问题，准备放过去。在场的黄纬禄同志可不答应，他严肃地说："我们搞科学的就要有科学态度，不能来'大概'、'可能'，一定要抓住这个'偶尔'不放，查它个水落石出！"说着，他就同大家一起测试观察、分析。结果发现，继电器衔铁上有一片微小铁屑，当小铁屑竖起来时，继电器就不吸合；小铁屑倒下去就能吸合。黄纬禄指着小铁屑对大家说："可不要小看这个小东西，如果在火箭飞行过程中它突然竖起来，就会招致整个飞行试验的失败。"这件事给大家深刻的教育，后来，一遇到类似问题，人们就说："一定要抓住'偶尔'不放！"

对于火箭研制发射这样大规模的复杂工程来说，即使工作做得再细，也难免会出现一些意想不到的问题。作为一名技术指挥员，在紧要关头能否当机立断，指挥若定，不仅是对其技术业务水平的考验，也是对其领导素质的考验。

有一次，某运载火箭进行飞行试验，在进入发射前"五分钟准备"的关键时刻，突然出现了一个意外情况——一级伺服机构反馈电压表指针摆动！这一下，现场指挥所的同志们可慌了。广播里传出急切的呼叫："请黄总马上到指挥所！马上到指挥所！！"正在山上

观察的黄纬禄同志听到呼叫急速飞奔下山，穿过隧道来到指挥所。此时，离发射时间只有两分钟了！黄总上气不接下气地听了简短汇报后，把目光投向一位负责平台测试的同志。

“平台怎么样？”黄总问。

“平台没问题！”负责平台的同志回答。

黄总略思片刻，果断地说：“按时发射！”

指挥所里的每一个同志都为黄总的这一决定捏着一把汗。顷刻间，随着一声巨响，火箭腾空而起，飞行正常，试验取得圆满成功。

科学试验的道路并不总是一帆风顺的。成功的喜悦常常以失败为代价。

一次，进行海上飞行试验。第一发就失败了。广大参试人员心情沉重，吃不下饭，睡不着觉。海军参试人员由于发射中出了一点问题，更背上了沉重的包袱。面对这种情况，黄纬禄对大家说：“试验失败主要是弹的问题，我是总设计师，我负主要责任。”他在检查自己工作的同时，对广大参试人员的工作给予充分肯定，鼓励大家总结经验，坚定信心，打好第二发。他的讲话使大家深受教育和鼓舞，活跃了整个试验队的气氛。

在第二发即将发射的日子里，人们的心忐忑不安。第一发失败了，这一发能否成功？人们忧心忡忡。准备工作是不是做好了，现在打行不行？试验队认识不一。在预定发射的当日凌晨，上级又打来电话，建议推迟发射日期，这使黄纬禄更加决心难下。可以说，在每一次大型飞行试验之前，他都如临深渊，如履薄冰，生怕由于自己决策上的失误给党和国家带来不应有的损失。今天，面对这样的复杂局面怎么办？如果自己坚持按原计划发射，一旦发生问题，一切后果要由自己承担；如果推迟发射，自己固然可以不担风险，但封海期限将满，而且海上条件越来越不利于发射，错过有利时机，完不成试验任务，将给党和国家带来重大损失和难以挽回的政治

影响。放下电话后，他静静地躺在床上，大脑却像电子计算机一样高速运转着，从火箭各系统的检查情况到发射预案准备情况，从试验队上下的各种意见到打与不打的各方面利弊，他都作了周密思考。经过再三的分析、比较、权衡，他终于站起身，拿起电话向上级报告："我认为发射条件已经具备，不宜推迟。如果上级决定推迟，我执行命令。"最后，上级同意了黄纬禄同志的意见，火箭按时发射，并取得了圆满成功。发射后，海上天气果然一直不好，看到这种情况，人们更加赞颂黄纬禄同志置个人得失于度外，从实际出发，以事业为重，勇敢决断的惊人魄力和无私无畏的高尚品德。一位试验队员紧握着黄总的手说："你真是我们的好指挥员！"

"这样的老专家真是难得"

黄纬禄同志虽是一位学识渊博、经验丰富的老专家，但他从不以专家自居，而是处处谦虚谨慎，平等待人。他总是说："一个人的知识和能力总是有限的，在第一线工作的同志比我更有发言权。"因此，他非常注意深入基层了解情况，发扬技术民主，耐心听取各方面的意见和建议。他无论走到哪里，总是先当学生，后当先生。自己不懂的问题，就老老实实向别人请教。别人向他请教问题，只要他懂得，总是耐心予以解答。因此，人们有问题愿意向他请教，有话愿意向他说。

某研究所一位女工程师讲了这样一个故事：一次，在某基地试验。黄总白天晚上忙个不停，人们平时没有机会找他谈，就专门在吃饭时找他。他一边吃，一边听，有时干脆放下筷子听，常常一顿饭吃上个把钟头，饭菜都凉了。为此，有的同志向领导建议：应该在黄总桌上放块牌子，写上"吃饭时不准谈话"！而黄总却把这看作是联系群众的好机会，饭吃不好也心甘情愿。

黄总对每一位求教他的人都是满腔热情地接待，无论认识的

不认识的，都是一视同仁。特别是对青年同志，他更舍得花时间和精力。曾有一位不相识的青年，写了一篇数论方面的文章向他请教，他不懂，便亲自去找另一位老专家帮忙，黄纬禄对于自己身边的工作人员，更是关怀备至，不论是秘书、司机，还是公务员，他都十分尊重，处处关心和体贴他们。他的一位秘书生病，他不顾自己年高体弱，亲自登门探望。

他虽是一位长期担任重要领导职务的老专家，但却时时处处以普通党员的身份严格要求自己。他当研究所所长和副院长时，到基地出差，他同大家一起坐硬座，一起啃面包咸菜；在基地，他和大家一样排长队买饭，一样搞卫生、扫厕所。有一次，他去陕西出差，所在单位在西安宾馆为他安排了食宿，他说什么也不去住，宁肯住在人家单位一间办公室里。对此，对方深感过意不去，他却说："就这样，挺好，挺好！"他在外出用车问题上，过去一直坚持：能自己骑车就不坐车，能同大家一起坐大车就不坐小车。有一次他在京西宾馆开会，天天骑自行车来回跑。一天，正好被当时的郑天翔部长看到了，郑部长狠狠"批评"了他一顿。为了照顾他的身体，组织上给他配了一部小车，他便给自己又定了约法三章：非公外出不用车，接送亲友不用车，家人有事不搭车。有一次他爱人手术后出院，他不在，秘书派车把她接了回来。他知道后，立即让秘书去车队补交车费。

"桃李不言，下自成蹊"。近年来，黄总的事迹被人们广为传颂，报纸、电台、电视台多次报道他的事迹，这使他非常不安。他总是说："事情都是大家做的，要写，应该好好写一写那些战斗在科研生产第一线的同志们，他们才是真正的英雄。"一次，一位记者写了一篇有关他的报道，他看清样时把称颂他的话全给砍去了。他对记者说："希望你能加上这样一段话：我国航天事业所以能取得伟大成就，全靠党中央、国务院的正确领导，全靠全国各有关单位的大力支援，全靠航天战线广大科技人员、工人、干部的共同团结奋斗。"

黄纬禄同志这种把一切功劳归于党、归于人民的高尚品格和严于律己、无私奉献的可贵精神使这位记者赞叹不已。他深有感慨地说："这样的老专家真是难得！"

作者系二院党委工作部副部长、高级政工师

自强与创新

——记梁守槃

陈恩才

在15年前的国庆35周年阅兵典礼上，通过天安门广场的火箭分队中，有一种细长的导弹引起外国专家的注意，他们惊呼那是“中国飞鱼”导弹。实际上，这确是中国独立研制成功的一种新型飞航式导弹，它能贴近水面飞行，隐蔽性好，杀伤力强。主持设计这种导弹的，就是著名的老一代航天科学家、中国航天工业总公司高级技术顾问梁守槃。

梁守槃幼年在私塾读古书以及当时的小学教科书，知道中国是个弱国，备受外国人欺凌。他立志长大后为中国的富强而效力。1927年入北京四存中学时，社会上“工程救国”的呼声高涨，他想将来学工程。1931年的“九·一八”事件和1932年的淞沪战争，促使他走上“航空救国”的道路。

1933年他考入清华大学机械工程系航空专业。清华大学的校训“自强不息”，成为他的座右铭。1937年大学毕业时，发生“七七”事变，美

国宣布对中日两国实行貌似中立、实则偏袒日本的“现款自运”政策，梁守槃更感到只有建立中国自己的军事工业，才能自强。1938年，他自费去美国麻省理工学院攻读航空专业，一年后取得了航空工程硕士学位。他毅然返回战火纷飞的祖国，先在昆明西南联合大学任教，1942年，到贵州大定航空发动机厂任设计课长。梁守槃根据当时的条件，与全课人员共同筹划设计一种飞机发动机。但由于不能保证比美国的强，未得到厂方批准。此路不通，梁守槃不得不于1945年日本投降后到浙江大学航空系任教，直到解放，梁守槃的“航空救国”成为泡影。新中国成立后，梁守槃才有了施展抱负的天地。1952年，梁守槃奉调到哈尔滨军事工程学院任教授会主任，负责航空发动机实验室的建设和教材准备工作。他主持了各种活塞式发动机和涡喷发动机试车台的自行设计和安装，开始为发展祖国的航空工业效力。

1956年，国防部筹建第五研究院，梁守槃奉调参加建院工作，先后任五院发动机研究室主任，地地导弹总体设计部主任、发动机研究所所长、飞航式导弹研究院副院长及海防导弹武器系统总设计师，主持和领导飞航式导弹研制的技术工作。在他的领导和主持下，我国的海防导弹的研制工作，经历了从仿制改型到完全自行设计研制的过程。现已形成比较齐全的海防导弹装备体系，超音速超低空海防导弹，已处于世界领先行列。

梁守槃在科学技术上的成就和贡献，主要是通过理论联系实际，确定技术发展方向，主持导弹和发动机的研制，与广大科技人员一起，研制出了具有世界先进水平的产品。

梁守槃调到五院初期，当时没有资料，没有设备，没有外国专家，只有156名刚从大学分配来的毕业生。梁守槃作为班主任延聘专家组织了专业讲课，对学员进行火箭、导弹方面的基础知识培训。他按照中央的指示，以自力更生为主，力争外援，坚持在争取到外援以前，先自己动手，用已掌握的专业知识，动手组织设计了我

国第一个火箭发动机试车台。苏联专家来后，看到正在建设的试车台说："这个台子不错，完全可以建成使用。"后来，第一种自行设计的导弹发动机就在这个台子上进行试车，证明台子性能很好。

1956年底，我国从苏联首次进口两枚P—2近程弹道式导弹，1958年5月又引进了相应的技术资料。梁守槃被任命为这一型号的总设计师，也是我国第一位弹道式导弹总设计师，负责仿制的技术抓总和技术指挥工作。梁守槃在工作中，除了严格按照图纸，与苏联专家联系，进行仿制外，还提出采用"反设计"的办法，培养队伍。这个办法是：假定还没有这个导弹，而只有技术指标，我们应该怎样去设计。将我们自己设计的结果与引进的导弹相比较，就可以验证我们的理论认识是否符合实际。如果所有关键环节都在数值上基本一致，就证明了我们的设计理论是正确的。如果有相差较大的地方，就应该找出自己理论上欠缺之处，设法改进，以求符合实际。这样，在完成仿制任务后，就可以有信心，独立自主地进行新产品的设计。

在仿制中，梁守槃坚持既要向外国专家学习，又不要迷信外国专家，对我们自己要有自信心。外国专家坚持弹上环形气瓶，要用他们国家的冷轧钢，而当时中国还没有这种钢。梁守槃发现工艺资料要求在产品形成过程中，要经过回火工序，实际上也就成了热轧钢。梁守槃向外国专家提出意见后，他们同意采用国产的热轧钢。在反设计中，看到外国导弹的气动外形是静稳定的。但根据这一理论，导弹尺寸加大后，尾翼也要做得很大。梁守槃根据动态平衡分析，认为不需要那么大的尾翼，可以通过调节控制系统的传动比实现动态稳定。这个办法也得到了外国专家的同意，在尔后的设计中得到应用。在初次发射导弹时，外国专家坚持火箭的推进剂（液氧）必须用他们国家的（但他们又不供应），认为他们的液氧纯，中国的液氧不行，含可燃物质太多，使用中有爆炸的危险。梁守槃经过计算证明，中国的液氧完全符合指标要求。出现问题的原因是有

人对原资料理解有误，把杂质的气态容积当作液态容积，因而相差一千倍。而且十几吨液氧中的杂质不可能集中到一点同时氧化。梁守槼确信中国的液氧可以用，不会出问题。1960 年 9 月，在外国专家撤走后，用国产的液氧，独立操作，成功地发射了一枚导弹。不久以后，11 月 5 日，我国仿制的第一枚弹道导弹发射成功，奠定了改型和自行设计的基础。

1960 年初开始自行设计新型号时，总体设计部主任梁守槼和总体设计室主任孙家栋都认为，导弹直径应在 2.2 米至 2.4 米之间为好，不能采用原来引进型号的弹径，否则太细太长，容易产生剧烈振动。但这个意见未被采纳，直到 1962 年改型设计的导弹因振动而出现故障后，才对有关设计图纸进行大量返工。

1961 年冬，在研制新的火箭发动机时，主管设计的人员决定把验收试车时间定为 50 秒。梁守槼提出，新研制的发动机应当通过比全程工作略长几秒的试车，即应为 120 至 130 秒，才能保证质量。另一方面，梁守槼又提出应尽快把全弹试车台建起来，以考验导弹各系统的互相协调情况。但这两项意见都没有被采纳。直到 1962 年新的导弹在发射过程中出现故障，证实了他的看法，才采取了一系列的措施，经改进后的导弹于 1964 年发射成功。

梁守槼在任五院发动机过程研究所所长和五院三分院副院长期间，领导和主持发动机和推进剂的研究与试验，连续取得一系列重要的科技成果，为以后的各类导弹发动机的研制提供了一些有用数据。

在火箭发动机中使用偏二甲肼，可以提高比冲。但外国专家说，它虽然有较高比冲，但有剧毒，而且是积累性的，使用这种燃料等于“抱着老虎睡觉”，不能用。外国专家撤走后，梁守槼承担了这一课题的研究试验。他先找到军事医学科学院的朱鲲教授，共同商定对这种推进剂和它的燃气的毒性测定方案，以及万一中毒后的治疗方法。在各方面的配合下，经过一年多的研究试验，证明这种

燃料是非积累性中毒,并找到了解毒的特效药。继而又完成了分析操作规程和理化性能测定,用我们中国人的手降伏了这个"老虎",解决了使用中的思想负担。偏二甲肼这种燃料不仅可作为大型火箭发动机的燃料,也可以与煤油混合,代替需用20公斤粮食才能提炼1公斤的混胺—02,作为中、小型火箭发动机的燃料,用石化产品代替粮食产品,为国家节省大量粮食,意义重大。这一成果获1964年国家科委一等(一级)奖。

为了设计更大推力的发动机,梁守槃提出,可以把几个离心式涡轮泵并联起来,不必每次都设计新泵。但外国专家撤走前曾特别提到:涡轮泵不能并联,否则将产生相互干扰而使涡轮泵损坏。梁守槃通过对已有的离心泵性能曲线分析,认为涡轮泵并联是可行的。于是,他组织技术人员在试车台上把两套涡轮泵并联起来,并在试验前有意造成两个泵的流量和压力不平衡的条件。试验结果,两个泵自动地达到平衡,证实了这一技术方案是可行的。这就为大发动机的涡轮泵系统设计,提供了有效的解决方案。

贮存火箭发动机燃料硝酸和过氧化氢的容器有特殊要求,既要耐高压,又要耐腐蚀。原设计用外国进口的不锈钢。但当时外国断绝了供应,使这个问题成了急待解决的难题。梁守槃根据篮球两层结构,里层是弹性的内囊,外层是耐磨承力的皮革,两者结合起来各发挥其特长的道理,提出了试制双层金属容器的课题。容器里层采用耐腐蚀性能好的铝材,外层用强度高、耐高压的钢材。结果试验成功了,解决了当时的材料供应问题,而且为国家节省了价钱较贵又需要进口的不锈钢。这项成果获1964年国家科委三等(一级)奖。

冲压发动机是一种新型的飞航式导弹动力装置。国外也才开始采用。它在高速飞行时,比冲高、重量轻、结构简单,适合一次性使用的要求。梁守槃从建院开始就注意到这种新型动力装置的优越性及其发展前途。他始终坚持要搞冲压发动机研制。虽经几次

面临下马的冲击，梁守槃没有动摇过，研究试验工作一直没有停止。他亲自组织研究试验方案，分析试验数据，处理各项技术关键。现已研制出多种可供装载导弹的冲压发动机，使我国在这一领域跨入世界先进行列。

梁守槃任飞航式导弹研究院副院长和海防导弹武器系统总设计师期间，我国的反舰导弹走出了一条中国自己的发展道路。经过多年的工程实践，我国已研制成功亚音速、超音速、小型固体三个系列的岸对舰、舰对舰和空对舰的多种型号的海防导弹。有的已多次参加国际防务展览，尤其是超音速导弹，居世界领先水平。

1965年，研究岸舰导弹发展道路问题，有人主张继续仿制，作为练兵。梁守槃提出，完成一个型号的仿制，已经够了，现在应挖掘潜力，自行设计。上级同意了梁守槃的方案，自行设计了我国第一个岸舰导弹。在设计中，梁守槃提出三项重大技术措施：一是将原悬挂式箱体改为承力式箱体，并将弹翼固定在箱体上。这样可以减轻结构重量，增加推进剂箱容积；二是由于上述办法加大了弹体刚度，弹身长度可以增加，从而加大射程；三是凡是可以沿用已有的引进设计的，一律不改。采取上述措施设计的导弹重量比引进的同类产品加大了40%，而有效射程则加大了两倍。从开始论证报告、改建生产车间到发射第一枚导弹，用了两年半的时间，符合原定计划要求。

兄弟单位研制的导弹，在靶试中出现末制导雷达损坏的故障，在国防科委召开的会议上，与会人中提出了各种地面试验方法。梁守槃根据这些地面试验的数据，对照导弹在发射过程中受力和运动的情况，进行了理论计算和分析，发现在发射过程中，导弹受到导向梁的牵引，产生俯仰运动，使弹上雷达在弹内剧烈跳动，撞在壳体上而损坏。梁守槃提出了一系列解决方案，从而抑制了导弹的俯仰运动，使雷达不再损坏。在这个问题解决后，又出现导弹提前入水的问题。梁守槃对导弹末制导段的飞行弹道进行分析，证明是

末制导雷达天线回调角太小，以致导弹俯冲过程中，弹体下沉量过多所引起。他决定改变雷达设计，使天线回调角随射程而变化，解决了这一问题，再发射，导弹命中目标。

在大射程打靶试验时，有人提出要仿照弹道导弹的办法，根据发射方向，加上地球自转影响的修正措施。这样，就需要制定射表，增加战士操作的复杂性。梁守槃认为，地球上的大气是随着地球转动的，导弹在大气中飞行，也必然随着运动，与洲际导弹在大气层外的情形大不相同。而且武器设计应当是尽量简化使用时的手续，因而不应考虑地球自转影响问题。试验结果，导弹命中目标，减少了不必要的麻烦。

部队需用固体火箭发动机的反舰导弹，由于“文革”的影响，进展很慢。有关领导问梁守槃，是否需要引进外国产品或资料。他回答：“我国的技术是可以过关的，不必花费外汇去引进。”后来，国务院、中央军委批准了研制方案，命名为C801导弹。该型导弹是我国独立发展的固体战术反舰导弹，填补了这个领域的空白，走出了自己的路。1984年国庆节C801导弹通过天安门广场，被外国记者称为“中国飞鱼”。实际花费的研制费，只大体相当于法国“飞鱼”的五分之一。该型号被授予国家科技进步特等奖。

1962年国防部五院科学技术委员会首届年会上，钱学森、梁守槃提出要用冲压发动机作为低空超音速反舰导弹的动力装置。1970年经国务院和中央军委批准我国自行研制低空超音速反舰导弹。梁守槃负责主持研制工作。面对低空超音速飞行存在着的各种问题，工作中出现了不少挫折。梁守槃顶住了各种要求半途而废的议论，采取了一系列措施，终于获得成功，实现了超音速掠海飞行。C101成为世界上第一个超音速低空飞行的反舰导弹，在巴黎博览会上被誉为“最令人惊讶的超音速反舰导弹”。

对于工作中出现的各种零星技术问题，梁守槃也亲自会同有关技术人员进行分析计算，试验验证，予以解决，力求以最少的费

用，取得有效的成果。在靶场试验中，过去一直出现光测弹道高度大于实际飞行高度的现象。梁守槃根据光学折射理论予以分析，求得修正公式，对两种高度数据的差异作出理论上的解释，解决了多年靶场试验中的问题。

梁守槃不仅致力于纯属技术上的工作，而且在科技管理上也有丰富的经验。他多次提出导弹科技工业管理体制和机构的建议，得到上级机关的采纳。他经常总结导弹研制工作经验，亲自起草和修改研制工作程序。他多次组织和参与制定航天产业发展规划，提出不少有重要价值的建议和方案。他提出航天产业的发展对策建议，特别重视研制和生产工作中的经济效益，最先主张研制任务要搞经济核算和经济承包。他十分关心海军装备的建设，多次向海军领导提出关于海防导弹装备建设的建议和设想。

梁守槃是技术工作的指挥者，也是技术工作中的思想工作者。他善于用唯物辩证法的观点发现和处理技术工作中的思想问题。1964 年，梁守槃在五院三分院干部会上作了题为《关于技术工作中的几个问题》的讲话，从九个方面阐述技术工作中存在的思想认识问题及解决这些问题的建议。聂荣臻元帅看了这篇讲话后批示："梁守槃同志的这篇讲话很好，提出了一些很现实、很具体、很生动的问题。对我们科学技术工作的发展，有重要的意义。很值得提倡。"

梁守槃治学严谨，富于创新，精益求精；他不畏困难和挫折，坚韧不拔，勇于拼搏；他待人诚恳，为人正直，作风正派。他对我国导弹的研制发展，自强不息，勇于创新，作出了至诚的贡献。

作者系九院 772 所党委书记、高级工程师

航天人的骄傲

——记罗健夫

九院771所党委宣传部

科研铁人

1965年，国家为了研制箭载计算机，成立了“156”工程处，罗健夫同志奉命从西北计算机研究所调往北京，从此，便开始了长达26年的科技攀登路。

罗健夫到“156”工程处以后，组织上让他担任线路设计组组长并任超声压焊课题组组长，负责超声压焊机的研制工作。

这种设备国外已有，但非标的超声压焊在国内还是空白。这是研制型号任务的关键设备之一，必须在短时间内研制出来。

罗健夫接受这件任务时，正是1966年“文革”开始，工厂都被“四人帮”搞得乱糟糟的，生产处于半瘫痪状态，根本无法坚持正常生产，可老罗的机件加工任务不等人。工厂的领导都“靠边站”了，指望他们安排生产是不可能的。老罗不埋怨，不气馁，直接到车间劝说工人不要参予武斗，不要影响生产。他说：

“如果工人不上班，农民不种田，我们国家

靠什么生存？”

在他的耐心劝说下，大部分工人能够坚持生产，老罗更是亲自动手，超声压焊机的研制进程加快了。转眼到了年底，他们的工作也到了总装调试阶段，这次调试需要两个月的时间连续24个小时不间断地进行。他们每人每天只能休息四个小时，还要分成两次，也就是说每次只能睡两个小时。长时间超负荷的工作大家都十分疲劳。一次，该轮到老罗和一个同志休息了，他俩一块离开工作室到了厕所。由于一路上老罗一直思考着工作中的问题，进了厕所，他却误以为到了宿舍便解衣宽带，准备就寝。同伴怔怔地望着老罗不知他搞什么名堂。等到老罗将扣子解完，拎着衣服找不到地方挂时，两个人才发觉不对头，都禁不住哈哈大笑，原来老罗将厕所当作宿舍了。

罗健夫对科研的痴迷是出了名的。为了科研工作他常常是两天、三天甚至是一周都不出试验室，他饿了啃块馍，渴了喝几口水，困了在地板上铺块塑料布躺一躺，就是这样夜以继日地埋头苦干。有一次，为了调试机器，他又是几天几夜没出试验室了，室主任担心老罗的身体，特意到试验室去看望他。

“老罗，你总那么加班加点地连轴转，身体吃得消吗？”

老罗为了证明自己的体力很好，竟然在室主任面前一蹦老高并说：“瞧，你看我不是挺好嘛！”

“老罗，你真是个铁人！”

从此，“罗铁人”的雅号传遍了771所。

罗健夫同志是个惜时如金的人，他曾对同志们讲：“我愿用金钱来买时间。”工作之余他总是利用点滴的时间来充实自己。1968年在北京电机厂搞协作时，一次星期日他到酒仙桥新华书店买到了一本急需的业务参考书。在乘车回去时，一上车他就捧起书专心致志地看起来，车到他的住地时他却忘了下车，等他发觉时车已开出了两站。他下车后在等返回的车时又埋头读了起来，车在他的面

前开过了几辆他也浑然不觉，直到他曾坐的车从终点站返回，车上的售票员认出他就是因看书坐过了站的人就叫了他一声，他这才醒悟过来，上车回到了单位。

他的妻子陈显万到北京探亲时，老罗正在北京电机厂搞协作，显然陈显万是第一次到北京探亲，老罗却抽不出时间陪妻子到北京的各大名胜去看看，他仍然一心一意地搞超声压焊机，不仅如此，他还拉妻子当助手，从办公室拿回了一大堆图纸、资料让她帮着干。陈显万同志从早到晚帮助他抄呀，写呀，画呀。颐和园离中关村那么近，在玉兰花盛开的季节里他们竟没去观赏一次，直到探亲假结束，老罗送妻子上火车前才匆匆地赶到天安门照张像留作纪念。

罗健夫送走了陈显万后即开始了紧张的调机，可是当机器刚刚调试到一半，控制部分却出了点毛病，老罗和同组的李根年同志一直查到天黑也没查出原因。这时单位的职工食堂早已关门，他们只好跑到街上的小吃店里想买点东西充饥。馒头端上来了老罗却忘了吃，只顾用筷子蘸着酱油在桌子上划来划去和李根年讨论着机器的问题。

小吃店的服务员早就等得不耐烦，他们你擦桌子，我扫地，将灰尘扬得满屋。李根年见状说了句："你们关门太早了，才刚刚八点钟嘛。"

罗健夫猛地一愣，瞪大眼睛说：

"你说什么？"

"我说他们关门太早。"

"哦，哦！可能就是关门问题。"

罗健夫若有所思地喃喃自语。

李根年马上悟到了那个"关门"的意思。于是两个人将馒头放在兜里走出小店，冒着寒风站在路灯下讨论起来。

"老李，机器的毛病可能就出在逻辑门的开关状态上。如果在

控制电路上多装一个电容，提高线路的驱动能力，迫使‘逻辑门’提前‘关门’，可能问题就解决了。”

找准了问题的症结，两个人都十分高兴。他们这才觉得肚子咕咕叫了，各自从兜里掏出凉馒头大口啃了起来。

回到工厂，他们马上动手改进设备，终于研制出了合格的产品，并一口气生产了 20 台，不仅解决了本单位的科研急需，还支援了兄弟单位。

甘愿下地狱的人

随着航天事业的发展，我们原来利用研制小规模集成电路的办法来研制大规模集成电路已跟不上发展要求。如果我们还用人工在放大几百倍的版图上画图、刻画、照相、粗缩、精缩，那样不仅会被世界科技工作者笑掉大牙，也会拖住我国航天事业发展的后腿。为此，组织决定成立图形发生器研制组。这个组的任务就是要将制作半导体大规模集成电路掩膜版的设备搞出来，这个设备的名称就叫“图形发生器”。

1969 年，组织决定把研制图形发生器的任务交给罗健夫。研制这个设备，不仅要有电子线路、自动控制、精密机械、应用光学、集成电路等方面的知识，还要精通计算机，可罗健夫是学核物理的，隔行如隔山，这个设备在国内是首创，国外对我们进行技术封锁，我们没样机，没资料，没图纸，要完成这件任务真是难上加难。罗健夫不愧为真正的共产党员，一旦祖国航天事业需要，他会用生命来实践自己的诺言。从此，罗健夫踏上了科学高峰的攀登路，度过了他生命中最辉煌的 4000 多个日日夜夜。

图形发生器分三个部分组成：控制部分、光学部分和机械部分，前前后后共有几十道工序。所以，罗健夫及课题组的同志日常的工作十分忙碌。为了研制图形发生器，他将自己的生活搞得简单

的不能再简单，常常是两个馒头夹咸菜就是一餐饭，工作忙起来常常是三五天甚至一周都不沾床板，他将一切可以利用的时间都用在工作上了，一头扎在工作堆里的罗健夫没时间向当时的军宣队的领导汇报工作，也不会察颜观色。更不知道一场“灾难”就要降临到他的头上。1971 年的一天，正当罗健夫带领全组人员铆足了劲儿努力攻关的时候，一件意外的事发生了。当时的革委会的领导不知听了什么邪，突然把组里搞计算机的人抽走了。老罗急了：“这是一铆钉一楔的活儿，没人搞计算机还研制什么图形发生器。”他找到当时的革委会领导据理力争。不料，这合情合理的要求竟成了“臭老九翘尾巴”的“罪状”，随后，“打倒独立王国的国王罗健夫”的大字报、漫画，贴满了院墙，连续一两个月对他进行大会点名，小会批判，还勒令他在室里进行公开“检查”。

眼见着这拆台挨整的冤屈，老罗苦闷，人们发现他很晚还徘徊在大字报前。组里的同志很为他愤愤不平，有的同志给他出主意说：“老罗，你干脆调走算了，你家老二刚出生，你妻子带两个孩子也实在是难呀！”

“不！”老罗坚定地说。

“为了图形发生器早日问世，我不下地狱谁下地狱。”

法国作家雨果曾说过：“最伟大的人也是最能忍辱的人”，经过痛苦的思索老罗决定在室里会议上作检查。

老罗真的要在会议上作检查了。大家猜想他可能是先“检查”而后“撂挑子”。谁也没想到，罗健夫抛开了“独立王国”的是非曲直和个人荣辱不谈，而是真心实意地检查说：

“……我们研制图形发生器不是为我，也不是为你，而是国家航天事业的急需！作为一名党的科技工作者，我为什么不替国家着想？调走一个人，没人搞计算机，我为什么没有担起双份工作的勇气，自己顶上去！”

这短短数语，体现了老罗对祖国的航天事业无比的坚贞和严

于律己的博大胸怀，他那无所畏惧的凛然正气感染了在场所有的人。连那位革委会的领导事后也不得不承认："老罗的确是位好同志，他的思想境界决非一般人可比！"

一场批判"国王"的风波平息，研制组的工作又恢复了正常。但是罗健夫肩上的担子更重了，他不仅要承担图形发生器电子电路的设计，掌握第二外语（罗健夫原学俄语，他翻译的相关资料却是英语），他还要顶替别人搞计算机，作为课题组的组长还要了解一些机械制造，半导体应用等方面的知识。

要掌握这么多的知识，时间哪里来？只能向自己要，改变生活习惯"挤"！

罗健夫窗前的灯光经常是最后一个熄灭，又最先一个亮起来，一连多年他每天只能睡四五个小时，"琴、棋、书、画"是他多年的爱好，也舍弃了，他的手风琴再也没有碰过。他把全部的业余时间都用来刻苦读书，翻译资料、思考设计、攻读第二外语。

罗健夫在很短的时间里，不仅学会了计算机，而且英语水平也有了很大的提高，他可以不用字典直接看专业文献了。罗健夫的专业水平提高得那么快，连组里的同志都感到吃惊。在批判会上他曾说过"搞计算机的同志调走，我自己为什么不能顶上去！"人们都以为这不过只是说说，哪知道事过半年，他确实是顶上去了，他成了一个名副其实的专家。他业务上的提高也加快了图形发生器的研制进程，1972 年的春天，终于研制出我国第一台 I 型图形发生器，填补了这方面的空白。

在科学上重要的是研究出来的"东西"而不是研究者的"个人"

在 I 型图形发生器问世后，他并不满足已经取得的成绩，仍不断地修改和完善，三年后又研制出 Ⅱ 型图形发生器。在 Ⅱ 型图形发

生器上他又重新地进行了设计。他对计算机的指令系统作了很多改进,主机用了四个马达。为了提高工作效率,他悉心钻研,想方设法,从单电机串联运行提高到双电机并行,他还不满意,又提高到四电机并行。进行了这些改进,机器的性能更完善了。

1975年的春天,Ⅱ型图形发生器通过鉴定并正式投入使用。这种用计算机控制的图形发生器可以灵活地实现各种复杂的图形的拼制,在一块版上能大量地重复单元图形进行重复作图。该机研制成功后能自动地描图、画图,原来绘制复杂的图形需要半年以上,现在只需要几十天、几天,最快几个小时就能完成。该机还设有二次精缩机构,可将所制得的一次版(中间版)就地分步重复照相,以获得工作用的精缩版。Ⅱ型图形发生器不仅大大提高了生产效率,而且保证了制版精度传递的一致性。

Ⅱ型图形发生器获得了全国科学大会的奖励。

Ⅱ型图形发生器获奖以后,大家都十分高兴,当然对老罗赞扬的话也自然多起来。

"老罗,这一下你可立了大功啦!"

遇到这种情况,老罗总是诚恳地告诉人们,这是大家努力的结果,决不是个人的功劳。

罗健夫把这样一句话作为自己的座右铭:在科学上,重要的是研究出来的"东西",而不是研究者的"个人"。

1979年,他们组里的一位同志要到北京参加一个全国性的超声压焊攻关会,到北京后他发现有一个公式记不清了,就写信请教罗健夫。老罗收到信以后,马上将自己积累多年的资料笔记找出来,从超声材料、压电陶瓷换能器到超声压焊机的总装调试的记录到涉及的公式、数据、实验曲线、草图、工艺规范、工艺流程和自己的经验体会等资料,包了一个包寄到了北京。那位同志打开邮包,完全出乎他的预料,这些资料为这次会议作出了很大的贡献。那位同志归来后专门到罗健夫的宿舍去归还资料并表示感谢。罗健夫说:

“我帮助你是应该的，知识不是个人私有的，它是属于整个社会的，你参加这个会，公开了我们的研究成果，为国家作出了贡献。我还应该感谢你呢。”

罗健夫同志在科学道路上不畏艰险，勇敢攀登，在荣誉和名利面前却一再退让，表现出一名共产党员的高尚情操。

中国电子学会设备组根据他对图形发生器所作的贡献，准备吸收他为会员，他把这份荣誉让给了其他的同志。一次，所里派他到香港考察，他知道许多同志都想亲眼看看那里的电子工业发展情况，便诚恳地对领导说：

“派别的同志去也能完成任务。”领导就把去香港的差事让给了其他的同志。

“四人帮”倒台后，他把两次调资的机会都让给了其他的同志。

在晋升职称上面他也是一再推让，如果按照他的实际水平和贡献，他完全可以报考高级工程师，但他却对动员他报考的总工程师说：

“我现在水平不够，等我把Ⅲ型图形发生器搞出来再说。”

根据实际工作需要，组织上两次打算将他提为中干，都被他婉言谢绝。他说：

“感谢组织上的信任，我不是不服从分配，让别的同志干，可能更合适，还是让我集中精力搞好科研工作吧。”

罗健夫的“七让”精神一时在全所传为佳话。

特殊材料制成的人

1981年10月，正当Ⅲ型图形发生器研制进入紧张阶段的时候，罗健夫感到胸部有些隐隐作痛。这时有一个协作任务需要马上到北京出差，老罗一声不吭，默默地上路了。进北京后病情加剧，他就买了几张伤湿止痛膏贴到患处。他又抓了几付中药。白天在工

作室里，他一只手顶着胸部，一只手操作机械。晚上，他一边熬药，一边查阅资料，在工作室有时病痛发作起来，疼得他豆大的汗珠往下淌。同志们劝他去检查治疗，他总说：

“等工作告一段落再去。”

所领导得知他患病的消息后，多次写信催促他到医院看病，他总说：

“这里的工作离不开。”就这样他忍着病痛，坚持工作了 87 天，直到除夕的晚上他才赶回临潼。在组织的一再催促下，1982 年 2 月 6 日上午，罗健夫在同事们的陪同下到西安作了病理检查。

检查结果：癌症晚期。

上午去看病，下午回来老罗又一头扎进工作室。所里领导和职工医院的主治大夫谁也不愿意承认“癌症晚期”这个事实，都希望医院的结论是错的。2 月 6 日下午下班后，职工医院的曹大夫匆匆赶到老罗家，约他第二天再去检查，不料老罗仍在工作室还没有回家。下班已过两个多小时了，车间主任家有人敲门，女主人开门一看竟是老罗，只见他一手捂着胸部，一只手拿着手电筒，腋下还夹着一大卷图纸，呼哧呼哧地走进屋。

“你怎么才回来？”车间主任不安地说。

“北京协作单位急着要图纸，我怕误事就赶出来了，你给看看。”

老罗了解自己的病，也许他已作了最坏的打算，正暗暗地作着准备。想着老罗的病，车间主任夫妇俩都忍不住热泪盈眶。

4 月 28 日，罗健夫同志作为垂危病人住进了医院。住院后癌细胞急剧地扩散，仅一个多月，他的头顶、颈部、牙龈、小腿等部位都隆起了一串串肿块，他的胸部的肿块像扣了个大碗，后背大面积溃烂。死神一步步地向他逼近。

罗健夫忍着裂肤之疼，咬着牙一声不吭，癌疼袭来时老罗面色苍白，全身冷汗湿透。

“健夫，打支止痛针，吃片安眠药吧？”妻子再也看不下去了，十分心疼地劝慰老罗。“不！那东西刺激神经，我现在惟一能做到的就是要保持清醒的头脑，想想‘Ⅲ型’研制中的问题，给大家当当参谋。”

一位和老罗共同研制图形发生器的同志要出差，特意看望老罗，当时，老罗已经呼吸困难，说话相当吃力，他还硬撑起身子，拼尽力气和那位同志谈了两个多小时，他从Ⅲ型图形发生器的设计逻辑谈到该机在调试中可能出现的问题以及处理这些难题的办法，他思考缜密，条理清晰，表达准确，简直是难以想象，他这位不久于人世的垂危患者，连续谈话两个多小时需要有多大的毅力呀！

罗健夫住院后曾说过：

“我现在已经不能工作了，我惟一能做到的就是少麻烦别人。”因此，老罗在住院的 49 天中，从未要求护士打一次止痛针，也从未拉过一次信号灯，甚至从未听见过他呻吟一声，从未提一次病人应该提出的要求。夜里上厕所他也从不叫人，也不开灯（怕影响别的病号），总是自己一点一点的往前挪。

老罗的病在急剧恶化，什么药在他身上也不见效果，医生打算采用一种烈性药物，但无把握，正在犹豫，老罗知道后十分痛快地说：“不要犹豫，就在我身上试吧，征服癌症也是一场革命，成功了，咱们总结经验；失败了，我死后把遗体交给国家，你们解剖了，好好分析分析。”

在他去世的前几天，一位领导去看望他，老罗交了最后一次党费。他拉着那位领导同志的手，淌着热泪十分艰难地说：

“可惜，……我再不能……工作了。”在场的同志都难过得背过身去抹眼泪。

1982 年 6 月 16 日，罗健夫同志逝世了，按照他的遗愿，遗体作了病理解剖。医生们惊异地发现：他的周身都布满了癌瘤，胸腔里的肿瘤比心脏还大，胸骨一碰就碎了。经化验：罗健夫得的是“低

分化恶性淋巴瘤”，是癌症中最凶恶的一种，潜伏期已在两年以上。当时，很少流泪的医务人员都哭了。他们用最凝练的语言评价了患者：“很少见这样的病，更少见罗健夫这样的人，他真是特殊材料制成的人。”

罗健夫，党的优秀的儿子，无比坚贞的航天战士罗健夫的确是特殊材料制成的人。

青年时代罗健夫曾把保尔·柯察金当作自己的偶像，将《钢铁是怎样炼成的》一书经常带在身边，还把书中的一段话工工整整地抄在自己的笔记本上：“人生最宝贵的是生命，生命属于我们只有一次，人的一生应当这样度过：回首往事，他不因虚度年华而悔恨，他不因碌碌无为而羞愧；临终的时候，他能够说：我的整个生命和全部精力，都献给了世界上最壮丽的事业——为人类的解放而斗争。”

这就是罗健夫一生的追求和信念，也是他思想结晶和一生光辉实践的总结。

大山中的奋斗足迹

——记杨敏达

吴忠民　杨　军　殷秀峰

1988年，位于秦岭腹地一个神秘的山洞，首次向来自美国休斯公司和澳大利亚卫星通讯公司的火箭专家敞开了大门。在这座深幽、庞大的地宫里，这些看惯了奇观异景的洋专家们露出了惊讶和迷惑的神情。当他们得知，这个山洞是液体火箭发动机泵的研究试验室，在这里研制试验的数十种、上千台次发动机泵的装机上天成功率达到百分之百时，禁不住赞叹："中国人真了不起！"

这个研究室又叫"201"洞，是航天工业总公司067基地第十一研究所火箭发动机泵水力研究试验室，研究室的主任就是杨敏达。

1960年，从北京航空学院毕业的杨敏达，怀着报效祖国的赤诚之心投身于祖国的航天事业。1967年，三线建设刚拉开序幕，杨敏达便结束了新婚蜜月和妻子双双报名来到了秦岭腹地，投入了大型液体火箭发动机战略基地的建设。当时，满目荒山、蛇鼠出没，峡谷中乱石荒

滩，几里之内没有村庄，蔬菜得靠自己种，房子是竹子抹泥的草棚。杨敏达和爱人分居在集体宿舍，一起劈山凿洞，退水建房。这样一干就是5个春秋。1971年12月，一个被称为"201"洞的大型液体火箭发动机泵研究试验室，在秦岭深山建成了。从此，杨敏达便和"201"洞结下了不解之缘。

如果说发动机是火箭的"心脏"，那么，涡轮泵就是发动机的"心脏"。为了这颗"心脏"的正常搏动，杨敏达毫无保留地奉献着自己的一腔热血。在山洞里作泵试验是件毫无浪漫色彩的"苦差事"，机器一开动，声音震耳欲聋，噪声高达130分贝，洞内虽装有通风设备，但由于洞子深，冬天闷热，夏天潮湿，空气中的油雾，加上难以消除的霉味，使洞内空气十分混浊。受用电的限制，试验都是在晚上10点到清晨3点之间进行，几个夜班下来，人们茶饭不思，疲倦不堪。试验任务紧张时，夜班一连就是十几天甚至一个月。下了夜班，职工白天都在家里休息，可是杨敏达却常常顾不上休息，白天仍要来到办公室查看试验报告，还要骑上自行车到生产车间，观看泵试验后的分解状态。

试验数据的精度和可靠性是试验的生命。上天产品的任何一个部件，哪怕只有一点误差，都可能导致发射的失败。杨敏达不仅是机械设计、泵研究试验的专家，而且在理论计算、数据处理等软件方面也有独到之处。为了减少系统误差，他在大量实践的基础上提出了通用的系数修正公式，使系统误差降低到最低限度。

1978年，一种小型发动机用的小泵在进行试验时，出口压力偏低，被型号总师判了"死刑"，杨敏达知道，一种产品由设计到定型，要经过上百道的工序，要花费几年的心血，材料、工时浪费不说，如果不能按时交付产品，影响了卫星发射，事关民心国威！于是，他决心找出准确答案，经过一次次计算，一遍遍论证，又进行了泵低转速试验，变更诱导轮和离心轮相对位置的试验，改变泵轴向间隙和径向间隙的试验等等，经过大量的研究试验和对比试验，杨

敏达终于拿出了让总设计师信服的数据。这批泵被救活了，装上火箭后，成功地参加了“返回式遥感卫星”的发射，参加了“飞向太平洋”的全程试验。这项研究试验成果获得了航天部科技进步奖，上级给他记了二等功。

1980 年以前，室里计算手段还比较落后，试验数据都是靠手摇式计算器计算处理的，出一份试验报告要浪费不少时间，还容易出现差错。为了获得准确可靠的数据，杨敏达动了不少脑筋，他设计编制了一套表格化计算图表，既容易掌握，又不会出现差错，后来用这种表格化图表出试验报告，可提高工作效率四倍以上。他总结归纳的汽蚀点估算方法在试验时能当场估算出汽蚀点，试验一旦出现异常，他都能迅速准确地做出判断，及时排除故障。室里的同志都称他为“活计算机”，试验时有他在场，大家的心里感到踏实多了。

作为室主任，年复一年的操劳，他患上了失眠症、胃病、肝炎、高血压等多种疾病。有时候腹部一阵阵剧痛，但他一声不吭，用拳头顶着继续工作。在他家里，在他办公室的抽屉里，经常放有长期服用的药品，在这种情况下，他本可以不跟夜班参加试验，但为了保证产品质量，保证研制试验任务不在室里误点，每次试验他都亲临现场指挥，每个环节他都亲自检查过问，他常说：“我不取得第一手资料，就不可能制定出周密的研究试验方案来。”工作中他对每一台泵的试验都精益求精，不厌其烦。一旦有数据异常或出现了问题，他总是先查自己的原因，从不把自己排除在外，从不与生产设计部门推诿扯皮。

1982 年，有一次他在翻阅试验报告底稿时一个可疑的数据进入他的视野，他迅速计算了一遍，证实确有问题，杨敏达毫不迟疑地拿起电话立即向科技处报告了情况，将已发出的 14 份试验报告全部追回，及时避免了一起质量事故，并且主动承担了责任，扣发了自己当月的奖金。那位出错误的技术员感动地说：“我工作再也

不马虎了，否则无颜见杨主任。”

为了赶超国际航天高科技，早在十年前，杨敏达就着手研究“不同泵低转速模拟高转速试验能否得到相同性能参数”的重大课题。这是他自选的高技术预研项目，研究这一课题的重要意义在于，在现有设备和试验手段的条件下，不增加任何投资，就可以承担大型航天运载天地往返系统发动机泵的研究试验任务，其科研、经济价值是无法用数字来衡量的。

对于国家的财产，杨敏达从不大手大脚，节省得近乎有些“抠”。发动机泵装配时戴的细纱手套，沾上了油污，有的青年职工就随手扔掉了，认为反正劳保用品有的是，无所谓，也懒得洗，杨敏达却细心地拣回来，洗干净，发给大家再用。在他办公室的抽屉里，放有很多平时捡到的一些不起眼的小零件。他去世后，挂在他办公室门后的工作服口袋里，还装着几颗舍不得丢弃的小螺帽。

80 年代初，有一段时间在“孔雀东南飞”的影响下，一些他熟知的同事纷纷调走了，亲朋好友也劝他换一个环境，可是他舍不下搞了 20 多年的专业，舍不下自己亲手建起来的 201 洞。他推却了亲友们为他在家乡苏州安排的工作，婉辞了老同学请他去天津某单位任总工程师的邀请，谢绝了常州一家工厂委以技术厂长的盛情，他由衷地说：“城市固然比山区好，我何尝不想去呢，但这里有我的事业，我们这代人奢望不敢太高，这辈子能搞几个像样的型号，也算没白活一世，再说，我怎么能舍得下 201 洞呢。”就这样，杨敏达为了祖国的航天事业，在这个隐蔽而神秘的山洞里，超负荷地运转了 22 个春秋，无私地奉献了毕生的精力。

1989 年，201 洞的试验任务越来越繁重，并承担了新一代航天型号“长征二号捆绑火箭”发动机泵的研究、试验任务。4 月份，他带领全室职工连续上了 28 个夜班，争分夺秒圆满完成了一批军品试验任务后，又立即投入了紧张的改装试验台的工作。201 洞的设备大都是 60 年代的产品，管道储箱锈蚀严重，难以适应新型号发

动机泵试验的要求。如果更新设备，需要50万元的资金，而且紧迫的时间也不允许。杨敏达和室里的同志们商议决定，自己动手，改造设备。

设备改造中有两个卧式储罐需要除锈涂漆。这个储罐长7米，直径1.3米，箱内空间9.3立方米，人钻进去站不直，蹲不稳，只能跪着用铲子一下一下铲锈，用砂纸磨去布满铁锈的罐壁，弥漫的黄色锈尘让人睁不开眼，透不过气来，干不了一会，衣衫和雪白的口罩上就沾满了锈尘，汗水从脸上一滴滴往下掉，年轻人干一会，就得爬到管口换口气，这对于年过半百，忍受着晚期癌症扩散痛苦的杨敏达来说更是可想而知了。按理说，作为高级工程师、室主任的他完全可以不参加钻箱除锈，但他始终把老一辈革命家："有出息的科技工作者，要到第一线去"的教导，作为自己工作的指南，他不仅要带头参加艰苦劳动，更重要的是，深入一线，发现问题，解决问题。储箱内刷的涂料用的是环氧沥青和二甲苯，易挥发，毒性大，气味难闻，勾对时呛得人头晕恶心，每当这个时候，杨敏达总是推开大伙说："我是鼻息肉，闻不到味，我来调。"杨敏达虽然闻不到味，但并不是有毒气体对他的身体没有损害，他就是这样，心中时刻想着别人，惟独没有他自己。

看到杨敏达日渐消瘦的面庞，妻子担心地对他说，看你的脸色这么黄，是不是肝炎又犯了，抽空赶快去医院看看吧。对妻子的规劝，杨敏达总是说："工作这么忙，哪有时间啊，等干完了长二捆再说吧。"

5月25日，储箱除锈涂漆的任务圆满完成了，杨敏达提着刷完涂料的漆桶，拖着疲惫的脚步，从洞里走了出来。刚出洞口，他觉得脚下一软，便瘫坐在洞前的石桥上。同行的李师傅忙扶住他。杨敏达无力地喘息着："李师傅，看来我真的病了。"望着脸色腊黄的杨敏达，李师傅不由得心头一酸，情真意切地说："老杨，你快回去休息吧。"一边说一边拿起漆桶和刷子去河里洗，这时，杨敏达却撑

着站起来拦住李师傅:“我来,老李,我总比你小两岁嘛。”李师傅的眼睛湿润了,他怎么也想不到这竟是他和杨主任最后一次干活了。

5月26日早晨,杨敏达跟往常一样来到室里上班,他检查了各项准备工作,电话询问了新型号发动机泵试验的时间,还和副主任李树荣在一起研究了试验的技术方案,大家见他用手紧顶着腹部,面色越来越难看,就急忙送他住进了职工医院。杨敏达当时还不知道自己病情的严重,以为得的是黄胆性肝炎,所以当同志们来看他时,他不让大家摸门的把手,自己给开,大家要坐他床,他也不让人坐,怕传染给别人。在这种情况下,他想到的依然还是别人。

6月7日,杨敏达被转送到西安第四军医大学附属医院,诊断结果把人们惊呆了:“胆总管癌,晚期。”医院为他动了手术,人们惊愕地发现,癌细胞已吞噬了他大部分的内器官。手术后在连续四五天的高烧、昏迷中他时而喊着试验台长的名字,时而又断断续续地说:“这个数据不是260……是300……”“天黑了,我要上夜班了……”

6月28日下午,妻子用酒精棉球给他擦体降温,杨敏达这时慢慢地睁开眼睛,妻子又惊又喜,孩子上前紧紧拉住爸爸的手,等待着他要说些什么。妻子站在他的床前,他没有看见,小儿子紧握着他的手,他没有察觉,他一眼看到的是医院里暖气管上搭着的一条白毛巾。突然高声喊道:“谁把毛巾搭在那里,打开阀门,放水!”在场的人泪水再也止不住了。大家明白,他还是在想着201洞,试验台上不让放任何生活用具,这是杨敏达定的规矩。

1989年7月1日凌晨,杨敏达的心脏停止了跳动,走完了他52载的人生历程。

妻子痛哭失声:“老杨啊,你就不能给我说句话么?”儿子悲痛欲绝,喊着父亲:“爸爸,你的眼睛看了一辈子管道,就不能再看我们一眼吗?”

也许,这是为201洞操劳了半辈子的杨敏达无法弥补的遗憾。

他深知，自己为家庭，为妻子和儿子给予的太少、太少了，在留给妻子和孩子的遗书里，他写着："淑贤，我对不起你，我先走了，把痛苦和悲哀留给了你，你要好好教育孩子，日后若有合适的人，就组织一个新家庭"，他嘱咐儿子："杨涛处理完丧事赶快回苏州上班；杨波要努力学习……以后你们要支持动员母亲改嫁。"

人们痛惜：老杨的心是为别人操碎的，他是为201洞累死的，追悼会这天，全室职工冒着38℃的酷暑从300公里以外的秦岭深山赶到西安，向杨主任作最后的告别。职工们含泪写下一幅挽联：为党为国无私奉献风范永存；献身航天鞠躬尽瘁堪称楷模。

杨敏达去世后，067基地党委给他追记了一等功，陕西省国防科工办党委、陕西省航天局党委分别授予他"优秀共产党员"的称号，航空航天部党组授予他"劳动模范"的荣誉称号，并作出决定，在全系统开展向杨敏达同志学习的活动。

杨敏达同志默默地走了。可他为航天事业献身的耿耿忠魂却深深地镌刻在秦岭的重重大山中，铸成了无字的丰碑，他那无私奉献的高贵品质将永远留在人们的心里。

巍巍青山，一代忠魂。杨敏达，你的魂魄和你为之奋斗的事业一起共生永存！

作者吴忠民系067基地11所宣传部部长、政工师；杨军系067基地11所宣传部干部、助理政工师；殷秀峰系067基地办公室秘书、工程师

尽倾热血铸神“铜”

——记王振华

郭　富

在066基地机关办公大楼前，矗立着一尊由张爱萍上将题写碑名的王振华铜像。铜像后的铭文写着：“王振华，中共党员，1935年生于河北新乐，国家某重点型号总设计师，湖北省劳动模范，杰出科技工作者，全国五一劳动奖章获得者。曾睹日寇屠叔暴行，立志强国，遂名振华。幼家贫，与友共书求学。后进入莫斯科航空学院悬钟苦读。1962年学成归国即投身航天事业。参加过总理交办型号论证，是该领域开拓者之一。1976年怀报国理想，舍京城繁华，就荆楚山野，殚精竭虑，执锐攻关，历经百折而不覆，痛失爱女而不馁。知患隐症，抱病几赴大漠，生命垂弥之际心系型号研制，魂牵基地发展，梦绕祖国安全，穷毕生精力，铸护国神剑，补国家空白，奉卓越贡献，潇洒对人生，倾心育英才。1994年3月1日英年早逝。然其报国、敬业、奉献精神将永昭后人。大地上不朽的是民族脊梁，苍穹中不灭的是神剑之魂。”

“干点事儿”——倾注激情报祖国

王振华的幼年，生长在日寇残暴扫荡的冀中平原。国仇家恨使他立志发愤读书长大报效祖国。1962 年从苏联留学归来，全身心地投入我国战略武器型号的研制，参加过地地中程导弹的方案论证工作，并担任过中远程地地导弹总体组副组长，多次受到表彰和嘉奖。1972 年，王振华同志接受了一项秘密而又光荣的任务：按照周恩来总理的指示，对研制地地战术型号的必要性进行论证。领袖的重视，历史的使命，使这位立志献身国防事业的青年科技工作者，投身到这项开拓性的工作之中。他广泛收集资料以待时机实现夙愿。由于种种原因，他们的论证最终还是被搁置起来。然而，王振华认定这个产品对国家不可或缺，便独自坚持着，继续研究方案。人们回忆说：“那时，他办公室里的灯光总是熄得很晚很晚。”而在此时，远在鄂西山区的 066 基地的人们也正为实现同一设想的产品而殚精竭虑，为精良之才的匮缺而苦恼。1976 年春天，他们派人来京调研，巧遇独自奋战中的王振华：“到我们这里来吧！”王振华喜不自禁：“太好了，这正是我想做的呀！”说走就走。这年 6 月，王振华踏上南下的列车，终于来到鄂西山地，开始了他一生中最为艰辛也最为辉煌的奋斗……

1976 年，066 还属于创业初期，条件非常艰苦。那时设计室还在一个被称作“江天沟”的地方。几栋破旧的宿舍，一栋“干打垒”库房，这就是科研人员搞方案论证和设计的地方。当时生活上极不方便，吃菜要到十几里外的县城去买。曾经有这么一段顺口溜：“早上炒茄子，中午炒辣椒，晚上生活大改善，茄子辣椒一起炒。”没办法，紧张的工作之余，这些拿惯了笔、尺的知识分子还得自己种菜种地。这时王振华的妻子刚从农村来到基地，还有四个孩子，全家 6 口人就靠王振华每月 62 块钱的工资维持着清贫的生活，以致于这

位留苏生每到星期天还得上山砍柴。

他的家刚搬来时除了一张饭桌和几只箱子外，别的像样的家具一样也没有，一只铁锅还没盖。

就是在这样一种条件下，王振华和他的战友们开始了我国第一个战术地地导弹武器系统的研制工作。

一位现在已有一定成就的青年技术人员回忆说：记得我刚从大学毕业，来到“江天沟”报到后，每天傍晚，就剩几个单身，无所事事地在单身楼前看着暮霭中农舍上飘荡的炊烟，听着晚风偶尔送来的几声犬吠，深感人生的寂寞。有天晚上和振华谈及人生和未来，当时问他为什么到这里来，他说：“人，对自己来说是很伟大；对家庭来说是必不可少；对单位来说可能很重要；但是对一个国家、一个世界，他只是一个小动物，微不足道。你要是能想通这一点，何苦为名利多添烦恼？在哪里都有高兴的时候和不顺心的事，只要到老了，能问心无愧地说，我为国家确确实实做了一点事，这就够了。我到这里来，就是为了干点事儿。”

王振华所说的“干点事”，就是要搞出能够保卫祖国领土完整、统一，在未来战场上“管用”的武器，来报效祖国。066 提出的研制我国战术地地导弹的建议，得到中央领导的高度重视，王震、张爱萍等领导同志的批示是：“组织技术干部进行总体设计，在湖北基地进行工作。”

当时王振华深有感触地说：“这下，周总理关于研制新型战术武器的遗愿能够实现了。”

王振华当时担任总体组副组长，通过分析考察国外同类武器情况和大量的前期论证，他和其他设计人员一起提出了某型号武器的基本特点，这就是：必须克服气象干扰，必须简单可靠、成本低，必须具有越野机动能力等。同时，既要考虑到我们的工艺技术水平，又要尽可能采用先进技术，使其在一定时期内不落后于别人，在此基础上，他们提出了应解决的四大技术关键。这四大技术

关键也正是型号研制的主攻方向和体现其先进性的关键所在。

为了尽快打开局面，为了完成型号产品技术可行性论证及总体设计方案，当时担任总体组副组长的王振华像一架开足了马力的机器，拼命运转。连续三年的春节，他都在计算机房里度过。那时，基地只有一台老式计算机，运算速度慢，有时一个数据算出来得等半个多小时。因为机房放不下桌子，计算机每出一个数据，他和战友们只得趴在地板上分析结果。饿了，吃几块饼干；困了，裹着大衣在地板上睡一会儿。春节鞭炮声没能惊动他的苦思冥想，合家吃团圆饭没有见到他的身影。

为了尽快攻下方案论证关，王振华把全部精力集中在工作上。爱女误食毒果不幸夭亡，他强忍悲痛，又一头扎进计算机房。继续千万次的试验和计算、探索和分析，由他主笔写成了十多万字的论证报告，又反反复复进行了修改。方案论证是个复杂的系统工程，王振华最关心的是总体方案的科学性和合理性，毫不马虎。技术措施，方案优化，几乎每一项大的决策，都要通过几种不同方案的分析比较，优胜劣汰。每种方案的优劣，依据是正确的数据。一时拿不到计算结果的难题，他就想方设法先做一些原理性试验。不靠拍脑袋，不迷信书本，也不迷信权威，敢于坚持正确意见，这是王振华同志的一贯工作作风。他常常为了一个参数的合理性，与伙伴们争论得面红耳赤。

当一个又一个技术关键被攻克，型号武器系统论证报告写成之时，王振华已经患上了乙肝，医生让他住院治疗他不肯，打了针，拿了药又上班去了。

1983年初，王振华主笔写成的《型号武器系统战术技术指标可行性论证及总体方案》在北京通过论证，会议肯定这是填补国家空白并具备先进水平的型号武器系统。第二年，国务院、中央军委批准该型号武器研制列入“七五”国家重点项目。

“用数据说话”——求实拼搏不畏难

一位领导回忆说：他在科学研究上有很强的洞察力。他在脚踏实地前进时，总把眼光瞄准未来，把目标定在前人未及的新高度。我们现在型号产品的几个主要技术指标，在当时是超越我国工业技术水平的，但由于正确估价了我国的工业发展速度和前景，比较切合实际。对计算机技术的认识即为一例。当时，我国产品型号上只有算速极慢又笨重的 772 型计算机，适应不了复杂运算的需要，而我们型号上的无级变程序、弹道设计和气象概率修正，如果没有高速率的计算机，就不可能完成，武器系统的水平也不可能高。但王总用发展的观点看问题，使先进的设计思想与现实工业技术水平在动态中求得平衡和统一，打了一个漂亮的“时间差”。

型号武器末速修正需要大量的气体，过去一直采用叫无水肼的有毒化学材料。运用这种原料，贮存、运输难，成本比较高，部队使用不方便、不安全。能不能使用一种既无毒无害，又使用方便的替代物呢？王振华提出采用压缩空气代替无水肼。但这在国内是前所未闻，需要解决很多技术难题。有些人说：无水肼已经用了这么多年，到你王振华这儿了非要弄个什么压缩空气！？王振华坚信经过试验得到的结论，没有在别人的怀疑面前退缩。多次飞行试验的结果证明，采用压缩空气修正方式既无毒无害、又使用方便，大大提高了导弹的实战性和安全性，受到部队的欢迎。

王振华曾经说过：“一项设计的正确与否，不是要看其是否有先例、不能只凭主观，说其行与不行都必须切切实实地拿出可信服的理论分析及试验数据。”“漏掉一个问题，就是失败，就是失职。”

“要用科学的数据说话，不惟上，不惟书。”这是王振华的一句口头禅。平日里他最不能容忍的就是不经过科学计算和试验，仅仅靠一两个概念，找一两个理由就去肯定或否定一个方案。所以在一

些人眼里，王振华有股子“牛”劲。他的认真是出了名的。

1989年夏，基地研制的型号武器第一次在西北进行发射试验。首发试验虽然成功，但命中精度与理论精度差距较大。

试验结束后，型号各分系统开始查找原因，最后较为一致地确认是非电火工品在高空状态下出现可靠性问题。做试验，故障没有再现。再做试验，还是正常。情况反映到王振华那里，王振华仔细询问了试验情况，最后非常肯定地说：“试验环境不对，抽成真空再试试。”抽成真空一试验，故障果然再现。

王振华的一位同事深情地回忆说：“王总就是一个具有无畏的求实精神的人，但人们往往只注意他‘硬顶’的一面，忽略了他‘自省’的一面。记得是1993年4月，我们到部里汇报型号研制进展和精度攻关的情况。这时，对捷联惯导问题已经有了较清醒的认识，做了许多工作，精度问题得到了较好解决，科工委、部领导、专家都给予了充分肯定。但王振华还是作了自我批评。他说：‘我作为型号总设计师，对捷联问题认识不足，觉悟太晚。虽然试验工作取得了进展，但如果认识得早一点，就可为国家节省一些经费，进度也可提前，在这点上我有责任。’在场的专家、同仁无不深受感动。”

在王振华最后一次给科技人员作的报告中，他的严谨求实的精神得到集中体现，他对国家负责的精神得到高度升华：

“要把最好的型号产品给国家。”

“我们的勇气来自对国家的责任。”

“确定任何一个技术方案、措施，我主张要凭正确计算、实验数据说话。这是我们的一条重要经验。”

“世界是可知的。有墙就有门，努力寻找就是了。”

“不要怕问题，科学试验只有在问题充分暴露时，才知道怎么去解决。”

“在科学面前人人平等，包括总设计师在内，有了错马上就改过来，没有什什羞羞答答的，容不得半点虚荣。”

"往往先进的东西是过去没有的。没有的东西，不做出来，怎么说它行还是不行。没有的东西，自然会有疑问，有人反对，并不奇怪，但不意味它不行。行，也必须用'东西'证明他。在这个问题上，希望我们科研队伍继续发扬这种精神。"

他这些掷地有声的话，现在仍然回荡在066基地科技人员的心中，成了不少人的座右铭。

"人才是最大的财富"——甘为人梯显精神

王振华曾经说过，如果全国所有的知识分子都能一心一意地搞自己的专业，那是咱们国家多大的一笔财富啊！

王振华深知，一个乐队的兴旺必须有众多技艺高超的乐手。因此，他总是用最大的热情关注着年轻人的成长，用他的心拥抱一个最有活力最富希望的世界，团结和培养了一大批青年专家。

刘石泉，1982年大学毕业后来到基地，在王振华身边工作了两年。考取了华中理工大学力学研究生。毕业前夕，刘石泉给当时已是设计所所长的王振华写了封信，一是想回基地继续干型号，另外，也想了解一下，所里能不能帮他解决在农村当民办教师的爱人户口问题。王振华对刘石泉是非常了解的，小伙子聪明、能干，也很肯干。他立刻给小刘回了封信，王振华在信中写了这样的一段话："欢迎你回来和全所同志一道，为祖国和人民作出贡献。我愿把自己的一点余热用在对祖国、对人民有益的事业上，……但深恐自己的能力不够，不能担负起使命，希望你回来帮我一把。"落款是："你的老朋友：王振华"。面对来信，小刘难以入睡。而王振华这时已经把刘石泉的事作为一个特殊问题向基地领导提了出来，很快得以解决。刘石泉毕业后回到基地，在王总的培养下，成为有突出贡献的青年专家，在32岁时，成为某型号的副总设计师。

原是汽车司机的熊玮更有一段传奇的佳话。那年王振华离京

南下时，是小熊开着车把他从山外接到基地的。王振华了解到小熊正在学习电大课程，发现小伙子聪颖肯学，十分高兴，便鼓励他自学专业技术，指点他的学习途径。从此小熊有了入门导师，学习不止，攀登不止，终于自学成才，成为技术专家，在某些技术领域做出突出贡献，被评为全国劳动模范。

现在已是设计所所长的青年研究员冯志高回忆说："记得1989年，我研究生毕业回所工作恰逢型号产品方案飞行试验成功后，初始对准问题成为型号下一步所要攻关解决的难题。有一天我和王总谈及我在研究生学习期间注意收集了一些有关初始对准技术方面的资料，他听了很高兴，鼓励我去解决初始对准问题并要求我一方面把所学的知识用在解决型号研制工作上，另一方面要在研究、解决问题中学习提高。在初始对准攻关试验的早期阶段，虽然我们在理论上对问题有了较深的研究及分析，但由于对研究对象的实际运动过程认识不深，多次的试验结果都不尽人意，工作上没有多少进展，在我和攻关组的同志都百思不得其解时，王总来到了我们攻关组，他并没责备我们，而是和我们一起分析试验数据，并说："一切现象都有它的主客观因素，现在试验结果不理想，必定是还有一些事情或问题你们没有认识到。"王总的话启发了我们的思路，通过对试验中测试参数的分析，我们找到了问题的关键之处，并加以改进，攻下了初始对准这一难题。

很多青年技术人员在回忆成长时都把王振华称为："青年的良师益友"，"好总师，好师长，好朋友"。王振华用甘为人梯、倾心育人的精神，用培养出由青年骨干组成的人才群的业绩证明无愧于这些亲切的称号。

"惟有型号舍弃不了"——此生难舍是"神铜"

1991年体检发现，王振华的肝病发生癌变。当医院背着他把

病情通知组织上让他住院时，他才感到病魔真的已深入生命的“腹地”到了必须正视的地步了。但一到医院，他又犹豫起来，对前来探望的基地主任说：“做手术？如果下不来手术台怎么办？人总有一死，倒不如拼着干几年，拿下型号算了。”手术过后，伤口刚刚愈合，王振华又回到基地。这是1992年春天，基地领导执意要他休息，他放心不下正在进行的型号产品的技术攻关，况且许多技术上难题的解决也离不开他的指导，他还是那样提着他那个黑提包往返奔忙，在噪音震耳的实验室同技术人员一道测试分析。大家心疼他太劳累，劝他：“王总，刚刚做完手术，可不能这样干！”他微微一笑：“没事，没事！”同事深知，只要型号产品质量达不到精良的程度，他是决不会放下的，在他看来事业与责任，就是他的灵魂。因此，1992年到1993年底，他又连续二次同战友们一道在荒凉的旷野上进行新型号产品的试验。每次试验前，同志们劝他：“这次不去了吧！”“不行，我离不开试验，再说，要我躺在这里也躺不下。与其在家里受罪，不如去试验场，还能做点事！”尽管基地想尽一切办法为他创造较好的生活条件，但大西北自然环境的恶劣，是无法克服的，空气中的含氧量仅及内地的4/5，呼吸的困难对人就是一种折磨，更令人难以承受的是试验风险构成的精神上的压力。后来，他曾这样对一位朋友吐露过心曲：“按理，一般人得了这样的病，也就退休了，因为当初说我活不了多长时间了……但大家对我的工作寄予了很大的希望，我不能辜负。再说，国家急需这个型号，有没有大不一样，基地要生存要发展，也需要这个型号。可不能因为我的病影响了型号的研制，半途而废，那是了不得的呀……”

责任，还是责任，在支撑着他的生命！

1993年8月，某型号X组试验第一发利剑直插目标。X组第二发是我国进行的首发全状态飞行试验。一支由中国人民解放军副总参谋长李景中将率领的60多人参观团乘专机抵达试验现场参观发射，一时间，将军云集。9月9日晚，首发全状态飞行试验获

得了圆满成功。当老将军从地下室的电视屏幕上看到导弹落区一片火海时,他以那军人特有的风格说道:"太棒了!"此后,《人民日报》发表了长篇报告文学《铸造共和国脊梁的地方》,歌颂在大山里尽倾热血铸神剑的066基地和以王振华同志为代表的航天三线职工。

1993年11月,王振华第二次躺在医院的无影灯下。手术前,他问大夫,"麻药对大脑有影响吗?""不会的。""不,有影响就不要打了!"此时,他心中惦着的依然是他日后的工作。

手术后不到一个月,他回到了基地,在家休息。自觉稍好一点,又禁不住往设计所跑。看看这,问问那,谈工作,就是不谈自己。

1994年1月16日,是王振华再次去医院检查的日子。他预感到自己或许再也不能回到他为之奋斗了18个年头的基地了。头一天上午,他对基地领导说:"通知开个会吧,我有些话要和大家说说。""你身体不好,就不要讲了吧?""不行,有些话不讲,我放心不下。"这天下午,面对他所熟悉的56位副主任设计师以上的技术干部和管理人员整整讲了48分钟。此去之后,基地领导到医院看他。他连说话的气力也没有,还一个劲地谈工作。基地领导说:"老王,今天我们别谈工作,你有什么其他的事,个人的,家庭的,跟我们说说,我们一定想办法……"不等基地领导说完,他接着说:"没有,没有。还是型号试验要抓紧,预研也不能放松,今年很关键……"他把目光投向窗外,断断续续地说:"等病好了,我还要再……去靶场!只要有一次打不好,我就……没法交待啊!"

1994年3月1日10时40分,一颗盛满祖国航天事业的心脏停止了跳动。

群山落泪,长天悲歌。

共和国国防科学技术工业委员会为失去一位杰出的航天专家深感痛惜:"惊悉王振华同志因病不幸逝世,我们表示深切哀悼!王振华同志是一名优秀的总设计师,他为国防科技事业无私奉献、拼

搏献身的精神和先进事迹值得国防科技战线的全体同志学习……"

3月5日，航天总公司066基地打破惯例，为型号总设计师王振华举行了最隆重的追悼会。只有1200多个座位的礼堂，挤进了1500多名科技人员、干部和工人。

王振华逝世前，基地党委、行政命名王振华为特等劳动模范，党政工联合决定开展向王振华同志学习的活动。1994年7月14日，航天总公司政治部作出了关于向王振华同志学习的决定。7月30日，湖北省委、省政府决定追认王振华同志为"杰出科技工作者"称号，《决定》指出："他的模范事迹是新时期弘扬主旋律的生动教材。"航天总公司、湖北省国防科工办先后在全系统组织报告会，广泛宣传王振华的事迹。

现在，王振华的报国、敬业、奉献精神已经汇成066精神和航天精神，成为066乃至全体航天人的精神财富。王振华的人生轨迹在航天事业中延续，他和他的战友们尽倾热血浇铸的神"锏"已是熠熠生辉。神"锏"之魂在066航天人的心中将永放光芒。

作者系066基地原工会主席，现基地精神文明建设指导委员会常务副主任、高级政工师

他的丰碑在太空

——记魏文举

刘 占 文

那是一次重大的火箭发射试验。在点火按钮按下的关键时刻，火箭突然发生了故障。人们震惊了。随后在基地、试验队统一组织领导下，进行了排故抢险的战斗。那橘红色和杏黄色的烟雾随时可能使人窒息，每吸一口气就增加一分对生命的威胁。他们双膝跪倒顽强而艰难地抢修着……三分钟，他们抢修着……五分钟，他们还在抢修着……这时，一个人中毒昏迷，被别人抬出阵地送往医院。忽然，他吃力地睁开眼睛，吃力地断断续续地说："别管我，快叫阿宏出来……"当"病危通知书"开出的时候，基地马上派出一架直升飞机，准备直送成都医院。可惜，由于伤情太重，没等飞机降落，我们的航天战士已经停止了呼吸，虽经多方抢救，仍没睁开他的双眼。

他就是火箭总装车间老装配工、国家级技师、共产党员魏文举同志。

提起魏文举，人们亲切地称他"大魏"，都说

每天早晨总是看到他，第一个穿上白大褂上岗；下班时总是看见他，最后一个脱掉工作服，关窗、熄灯、一步一回头地走出厂房。有的师傅说："我睁眼闭眼都是大魏。"过了很久，他那由两块拼凑在一起的玻璃板底下压着的《骑车人交通行为规范》卡片和从画报上剪下来的年历没有人去动，他出的黑板报没有人去擦，他写的壁报没有人去换。人们珍爱这一切，每当看到这一切，就像又看见了大魏。

"严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失"是周恩来总理生前的指示。大魏完成的每一项任务都以这个标准严格要求自己。

在调试伺服机构时，操作的师傅按图纸要求，舍去小数点后第二位数值，把仪器指针对到零位；可是大魏还要一调再调，一直把所有指针都调到零位，他才满意。

他是干过三十多年火箭装配的老资格，有着丰富的实践经验。可是，他不凭老经验办事，而是严格按照工艺规程操作，从没出现过质量或安全事故。

大魏经常讲："航天产品，质量第一。"他的生产质量，用车间主任的话说："从来不出问题，我信得过，连检验员都放心。"几年来，他参加生产的几个型号先后试验多次，个个获得成功。

大魏的生活是拮据、清苦的。70年代全家收入刚过百元，借以维持五口之家。他外出执行任务时间较多，那时出差是要个人搭钱的。他依然有令必行。在发射现场，他经常白天龙腾虎跃忙上一天，晚上又奋不顾身干到半夜；回到宿舍，独自坐在床边用一口馒头、一口腌黄瓜和一口黄酱维持着奋发向上、为国争光的信心和斗志。

在那次重大的发射中，他怀着"舍身炸碉堡"的决心，早把生死置之度外。他不是负责检修的二组人员，完全有理由推掉这份工作；他也不是突击队的第一队队员，完全可以等待第一队撤出之后再上去。可是，他既没有推辞、后退，也没有等待、观望，更没有分分内、分外，在危险和死亡面前，不但没有恐惧，没有杂念，而且争先

恐后，竟然两次第一个冲上去。这不就是把生的希望让给别人，把死的威胁留给自己的“大力协同，无私奉献”的航天精神吗！

大魏牺牲的消息传到二组驻地，大家都痛哭不止，“魏师傅是替我们去死的呀！替我们去死的呀……”

在发射成功庆贺胜利的酒宴上，从带队的领导到每个装配工，这些铁铸的汉子都热泪滚滚，他们在怀念几十年朝夕相处的好同志，怀念在危险面前挺身而出的好战友。

“这酒就让大魏喝了吧。”“让大魏喝了吧……”大家把酒杯高高地举起来，又缓缓地把酒洒在地上。

同志们走进他的宿舍，待发的两封信赫然摆在桌上。打开一看，其中一封是写给数千里之外的车间党支部的思想汇报“……在工作中发挥党员模范带头作用。”

大魏去了，匆匆地去了。他用 54 岁的生命，填写了“为共产主义奋斗终生”的最后答卷。

大魏去了，默默地走了。电台没有广播他的事迹，书报没有印下他的姓名，也许生前和身后永远默默无闻。但是，他响亮的保证，辉煌的业绩，在中华航天史册里，在人们的心坎上，永远是耸入云霄的高峰。天外那一颗颗光芒四射的卫星就是他不朽的丰碑。

作者系 211 厂《首机报》编辑、政工师

附录一

中国航天科技工业发展大事记

1956 年

10 月 8 日，国防部第五局和国防部第五研究院正式成立。聂荣臻副总理在成立大会上作重要讲话。国务院总理周恩来任命钟夫翔为国防部五局局长，钱学森为第一副局长、总工程师兼国防部五院院长，林爽为副局长、副总工程师，白学光为五院副院长。

10 月 15 日，聂荣臻副总理向中央提出我国导弹发展的报告，确定“自力更生为主，力争外援和利用资本主义国家已有的科学成果”的方针。

11 月 23 日，聂荣臻副总理批准国防部第五研究院机构方案。研究院下设 10 个研究室：六室（总体设计室），主任任新民；七室（空气动力研究室），副主任庄逢甘；八室（结构强度研究室），主任屠守锷；九室（发动机研究室），主任梁守槃；十室（推进剂研究室），主任李乃暨；十一室（控制系统研究室），副主任梁思礼；十二室（控制元件研究室），副主任朱敬仁；十三室（无线电研究室），副主任冯世璋；十四室（计算机研究室），副主任朱正；十五室（技术物理研究室），副主任吴德雨。

1957 年

3 月 18 日，钱学森提出五院研制无人驾驶飞机、地地导弹和地空导弹 3 项任务，并组织对苏联提供的 P—1 导弹进行反设计工作。

6月10日，五院喷气技术协调会议确定在第二个五年计划期间的基本研究任务：1. 仿制苏制P—1导弹，并在此基础上设计射程为450公里的单级导弹；2. 设计试制防御飞机的地空导弹；3. 设计试制能控制飞行的无人驾驶飞机（用作靶机）。

10月15日，聂荣臻副总理率领中国代表团赴苏谈判，双方签订了苏联在火箭新技术方面援助中国的《10月15日新技术协定》。协定规定，苏联提供中国导弹样品和有关资料，派遣帮助导弹仿制的技术专家，提供导弹研制和发射基地的工程设计，增加火箭专业留学生名额等。

11月15日，国防部五院以10个研究室为基础组建成立两个分院：一分院负责各类导弹总体设计和弹体、发动机研制，二分院负责各类导弹控制系统的研制。

12月10日，组建炮兵教导大队，学习苏制P—2导弹的操作。

1958年

1月9日，五院制定第二个五年计划期间的研制工作规划：1.1959年开始仿制苏制P—2（代号1059）地地导弹；2.1958年开始仿制苏制C—75（代号543）地空导弹；3.1958年开始改进苏制C—2（代号542）空舰导弹（后来又增加仿制П—15舰舰导弹，代号为544）。

5月17日，五院组织开展仿制1059导弹的工作。

5月18日，毛泽东主席在党的八大二次会议上提出："我们也要搞人造卫星。"

6月25日，五院部署二分院仿制543地空导弹的任务。

8月16日，五院召开四级干部会议，明确学习与研究、仿制与独创的关系，部署了加紧仿制1059、543导弹的工作。

1959年

10月10日，五院党委研究了苏联援助导弹样品交接和导弹基地建设情况，讨论"以仿制为主，带动建院一切工作"的工作原

则，提出向苏联专家学习导弹技术等问题。

12月，上海建立地空导弹试制基地。

1960年

2月19日，由上海机电设计院设计制造的T—7M液体探空火箭首次发射成功。

3月18日，国务院总理周恩来任命刘亚楼兼任五院院长，王秉璋兼任五院副院长，钱学森为五院副院长。

3月21日，我国第一个大型液体火箭试车台建成验收，28日利用苏制P—2发动机进行首次点火试车成功。

9月，我国研制的T—7气象火箭首次发射成功。

10月9日，苏联专家撤走后，聂荣臻副总理接见五院高级知识分子，鼓励大家要自力更生，奋发图强，突破仿制到独立设计关，建立我国自己的导弹技术体系。

11月5日，我国仿制的第一枚1059(后来称东风一号)导弹在西北的20基地进行飞行试验，获得圆满成功。聂荣臻副总理在庆祝宴会上说，祖国的地平线上，第一次飞起我国自己制造的导弹，这是我军装备史上一个重要的转折点。

1961年

7月17日，聂荣臻副总理向五院近7千名技术人员和各级干部作报告，阐述坚持红与专，贯彻“百花齐放、百家争鸣”方针，发扬技术民主、实行技术责任制，加强党的领导、改善工作作风等问题。五院结合这个报告，认真贯彻落实中央批转的《关于自然科学若干政策问题的请示报告》和《关于自然科学研究机构当前工作的十四条意见(草案)》两个文件。

7月19日，上海成立第二机电工业局，主管地空导弹试制工作。上海机电二局管辖上海新新机器厂、仪表厂、有线电厂、广播器材厂，代管上海机电设计院。

9月1日，五院三分院成立，承担空气动力研究试验、液体发

动机和冲压发动机研究试验及全弹试车任务，后来发展为飞航式导弹研究院。

11 月 14 日，担负导弹试验发射任务的 20 基地，划归五院领导。

1962 年

1 月 24 日，五院制定《科学技术委员会工作条例(草案)》。2 月 2 日，五院科学技术委员会成立，钱学森任主任。

3 月 21 日，我国自行设计的第一枚东风二号中近程导弹在 20 基地发射试验失败。4 月 9 日，聂荣臻副总理指出：东风二号试射未达到目的，不要泄气，作为试验工作，这是正常现象。

6 月 8 日，毛泽东主席在听取一次汇报时指出：在科学研究中，对尖端武器的研制工作，仍应抓紧进行，不能放松或下马。

6 月 15 日，国务院总理周恩来任命王秉璋为国防部五院院长。

11 月 8 日，五院颁发《国防部第五研究院暂行条例(草案)》，这个条例系统地总结了型号科研规律、科研工作程序和以科研为中心的工作经验，对于指导型号技术的发展具有重要意义。

12 月 29 日，五院召开科技工作会议，讨论制定了《关于型号设计与试制关系若干问题的规定(草案)》、《关于研究与设计试制关系的决议(草案)》、《关于工程组长以上技术领导干部深入第一线的建议(草案)》和《国防部第五研究院研制工作计划暂行管理办法(草案)》等文件。

1963 年

1 月 1 日，上海机电设计院划归五院建制。

6 月 7 日，我国仿制的第一枚 543 模型弹在 20 基地发射成功。

11 月 1 日，我国防空部队用苏制 C—75 导弹击落一架入侵的美制 U—2 高空侦察机。

12 月 15 日，聂荣臻副总理指示：在改进 543 的设计中，注意解决抗干扰问题。

1964 年

2 月 6 日，毛泽东主席接见钱学森等科学家时提出研究反导弹的问题。同日，聂荣臻副总理写信指示，印发、宣传国防科研战线上的优秀基层技术指挥员代表张履谦的事迹。

4 月 4 日，五院固体火箭发动机研究所改建为四分院，固体发动机研究院正式成立。

5 月 22 日，五院召开首届党代会，罗瑞卿副总理在会上作了题为《革命的、有出息的科技工作者应该到前线(科研生产第一线)去》的讲话。大会总结了五院建设以来的工作，确定了 1970 年前的奋斗目标。

6 月 29 日，我国修改设计的东风二号近程导弹在 20 基地进行飞行试验获得成功。9 月、10 月又连续试验 5 次，均获成功。

9 月 7 日，根据毛泽东主席关于三线建设的指示，五院开始组织三线建设的踏勘工作。9 月 9 日五院召开会议，提出了一、二、三、四分院按"型号为纲，地区配套，对口包建"以及"小而分、专业化、大协作"原则建设三线新基地的设想。

9 月 10 日，我国第一种地空导弹红旗一号(即 543)定型飞行试验获得成功。

11 月 23 日，中共中央、国务院发出成立第七机械工业部的通知。决定以国防部五院为基础，从第三、四、五机部及其他部门和省市批调若干企事业单位组成七机部，统一管理导弹工业的科研、设计、试制、生产和基本建设工作。

12 月 26 日全国人大三届一次会议通过成立七机部的决议。七机部决定将原五院的一、二、三、四分院相应调整为一、二、三、四院。

1965 年

1月4日，王秉璋被任命为七机部部长。

1月10日，我国导弹部队用改进的543地空导弹在华北地区上空击落一架美制U—2飞机。

2月至3月，七机部组织广大科技人员、干部和工人开展大讨论，制定1965年至1972年的“八年四弹”规划。

3月21日，上海机电二局划归七机部建制，并与二院合并，将二院部分设计单位(共五个研究所)迁到上海，与二局所属对口厂合并。

6月29日，我国自行研制的红旗二号地空导弹首次打靶试验成功。

9月，中国科学院组建卫星设计院，开始拟定第一颗人造卫星的总体方案。

10月2日，科学院召开我国第一颗人造卫星方案论证会，初步确定了总体方案。

1966年

6月30日，周恩来总理视察20基地，观看了东风二号导弹发射和东风二号甲导弹的合练试验。

7月15日，上海机电设计院研制的第二枚T7—A生物火箭载狗发射试验成功。

10月27日，我国用东风二号甲中近程导弹载核弹头的两弹结合试验，实现核爆炸成功。在试验前，周恩来总理提出了“严肃认真，周到细致，稳妥可靠，万无一失”的要求，这一要求后来成为国防科研生产试验的指导方针。

11月9日，我国仿制的上游一号(即544)岸舰导弹完成定型飞行试验。

12月17日，我国自行研制的红旗二号地空导弹胜利完成定型试验任务。

12月26日，我国自行研制的中程地地导弹在20基地进行首

次飞行试验成功。

1967 年

9 月 21 日，我国研制的海鹰一号舰舰导弹进行飞行试验，首次获得成功。

9 月 29 日，海鹰二号舰舰导弹首次飞行试验成功。

1968 年

2 月 20 日，中国空间技术研究院（后称七机部第五研究院）正式成立，钱学森兼任院长。

5 月 30 日，五院编制《人造卫星、宇宙飞船十年发展规划（草案）》。

1969 年

1 月 30 日，我国自行研制的中远程地地弹道导弹进行飞行试验，首次获得成功。

1970 年

4 月 24 日，我国首次用长征一号运载火箭发射第一颗人造卫星东方红一号成功。我国成为继苏、美、法、日之后第五个独立研制和发射人造卫星的国家。

5 月 1 日，毛泽东主席、周恩来总理等党和国家领导人接见了参加研制发射卫星的科技人员、工人和解放军代表。

6 月 30 日，我国水下发射的潜地导弹第一级试验发动机首次地面热试车获得成功。

8 月 17 日，水下发射的潜地导弹模型弹进行 3 次入水冲击试验，达到预期目的。

8 月，我国第一种反导弹导弹试验器模型进行第一次飞行试验，达到预期目的。

1971 年

3 月 3 日，我国用长征一号运载火箭发射一颗科学试验卫星实践一号获得成功。

9 月 10 日，我国第一枚洲际弹道导弹进行首次低弹道飞行试验，获得基本成功。

1972 年

9 月 13 日，周恩来总理视察七机部一院 211 厂，并指示：我们的尖端武器现在是试验阶段，产品不稳定，每次试验总要出点问题，导弹研制工作 16 年了，还在试验阶段，20 年要批生产，所以不要自满。

1974 年

1 月 4 日，我国研制水下发射的潜地导弹模型弹（全尺寸）第二阶段水下发射试验 3 发，全部成功。

3 月 1 日，七机部组建 450 工程总体组。450 工程即为远程火箭全程飞行试验和发射通信卫星服务的遥控、遥测、跟踪等微波统一测量系统。

6 月，我国一种高空地空导弹进行打靶试验，拦截高空高速靶弹获得成功。

11 月 5 日，我国首次发射返回式卫星，由于长征二号运载火箭控制系统一根导线折断而失败。

1975 年

3 月 31 日，中央军委常委会议通过《关于发展我国卫星通信问题的报告》。此后，我国研制通信卫星称为 331 工程。

6 月 30 日，中共中央决定汪洋任七机部部长。

7 月 2 日，国务院、中央军委决定成立第八机械工业总局，统一主管战术导弹的科研生产。

7 月 26 日，我国用风暴一号运载火箭发射长空一号卫星成功。

11 月 26 日，我国长征二号火箭进行第二次发射试验，首次将一颗返回式卫星送入预定轨道，运行 3 天后，按预定计划返回地面。我国成为继苏、美之后世界上第三个掌握卫星回收的国家。

1977 年

9 月 18 日，经中央批准，确定 1980 年至 1984 年向太平洋海域发射洲际导弹、由潜艇水下发射固体战略导弹和发射试验通信卫星的“三抓”任务。

10 月 20 日，中共中央决定宋任穷任七机部部长。

1978 年

8 月 1 日，邓小平在听取宋任穷、郑天翔等汇报七机部工作时指出：在空间技术方面，我国不参加太空竞赛，现在不必上月球，要把力量集中到急用、实用的应用卫星上来。军工部门要搞军民结合。

12 月 25 日，中共中央决定郑天翔任七机部部长。

1979 年

1 月 3 日，张爱萍在七机部计划会议上讲话提出：为在 1980 年把洲际导弹“甩”到太平洋，要在 1979 年 12 月 31 日 24 时前完成各项准备任务。

6 月 16 日，国务院、中央军委批准八机总局改建为第八机械工业部，对战术导弹工业实行全面领导管理。7 月 24 日，中共中央决定焦若愚为八机部部长。

10 月，中国宇航学会成立，选举钱学森为名誉理事长，任新民为理事长。

1980 年

4 月 15 日，我国研制的便携式防空导弹红缨五号首次进行单兵肩射，试验获得成功。

5 月 9 日，新华社受权发布公告：中华人民共和国将于 1980 年 5 月 12 日至 6 月 10 日由中国本土向太平洋海域发射运载火箭。5 月 18 日，我国自行设计研制的洲际导弹向太平洋预定海域首次发射成功。6 月 10 日，在北京人民大会堂召开庆祝我国向太平洋发射运载火箭成功大会。胡耀邦在讲话中指出：向太平洋海域

发射洲际导弹成功，表明中国人民在掌握现代精密科学技术的道路上前进了重要的一步，表明我国的国防实力有了新的提高和加强。

9 月 22 日，国际宇航联合会第 31 届年会同意接纳中国宇航学会为享有提案权的国家会员。

11 月 6 日，经中央书记处批准，任命屠守锷、黄纬禄、谢光选、卢庆骏、宋健、李绪鄂、李伯勇、孙家栋、庄逢甘、杨家墀、王希季、杨南生、陆元九、金建中、梁思礼 15 人为七机部总工程师。

12 月，联合国和平利用外层空间委员会接纳中国为会员。

1981 年

9 月 7 日，第四届全国人大第 20 次会议决定，将第八机械工业部和第七机械工业部合并，保留第七机械工业部名称。

9 月 20 日，我国用一枚风暴一号运载火箭发射实践二号、二号甲和二号乙三颗科学实验卫星成功。我国成为继苏、美、欧空局之后世界上第四个掌握一箭多星发射技术的国家。

1982 年

1 月 20 日，国务院、中央军委常规装备军工产品定型委员会批准海鹰二号甲舰舰导弹设计定型。

4 月 9 日，中共中央、国务院决定七机部改为航天工业部，任命张钧为部长。5 月 4 日，五届人大常委会通过决议，张钧为航天工业部部长。

10 月 1 日，新华社受权发布公告：中华人民共和国将于 1982 年 10 月 7 日至 10 月 26 日在公海发射运载火箭。

10 月 12 日，我国潜艇水下发射固体战略导弹获得成功。

1983 年

2 月 21 日，国务院授予航天工业部骊山公司工程师罗健夫全国劳动模范称号。28 日，国务院委托陕西省人民政府在西安召开授予罗健夫全国劳模称号大会。

3月16日，张爱萍在国防工业各部领导干部会议上讲话指出：要切实贯彻落实"缩短战线，突出重点；狠抓科研，加速更新；改造工装，改进工艺；提高质量，降低成本"的32字方针。武器装备要实现标准化、规范化、系列化、通用化。要建立健全总设计师系统和行政指挥系统，要充分发挥各级科技委员会在预研和论证中的作用。

1984年

2月25日，航天工业部部长张钧应邀率团出访联邦德国和意大利，并签署空间科学技术合作协议。我国航天开始跨出国门，打开国际合作的局面。

4月8日，我国用新型长征三号运载火箭发射静止轨道试验通信卫星获得成功。卫星准确定点，并传送中央电视台节目，效果良好。中共中央、国务院、中央军委发电祝贺。4月30日在人民大会堂召开了庆祝我国试验通信卫星发射成功大会，党和国家领导人讲话，称这次发射是我国航天技术、信息技术新的重大突破，是我国航天史上的一个新的里程碑。

10月1日，在庆祝建国35周年的盛大阅兵式上，由航天工业部负责研制的地地和潜地战略导弹、防空导弹、海防导弹参加检阅，扬国威，振民心，展示了我国导弹武器研制的巨大成就。

1985年

4月13日，中共中央决定李绪鄂任航天工业部部长。6月18日六届人大常委会11次会议通过李绪鄂任航天工业部部长的决议。

10月19日，航天工业部颁发《航天工业部型号设计师工作条例》、《航天工业部弹道导弹、卫星、运载火箭及其地面设备研制程序的规定》、《航天工业部关于防空、海防导弹武器研制程序的规定》和《航天工业部型号飞行试验工作条例》。

10月21日，我国第一颗用于国土普查的返回式卫星发射成

功,5 天后安全返回地面。

10 月 26 日,我国正式宣布用自行研制的长征系列运载火箭投入国际发射服务市场,承揽为国外发射卫星业务。

12 月,航天工业部 71 项成果获国家授予的国防专用国家科技进步奖,其中特等奖 5 项、一等奖 8 项。特等奖为“液体地地战略武器及运载火箭”、“返回式卫星和东方红一号卫星”、“固体潜地战略导弹及潜艇水下发射”、“试验通信卫星及微波测控系统”、“长征三号运载火箭”。

1986 年

2 月 1 日,我国第一颗东方红二号实用通信卫星发射成功。2 月 20 日卫星准确定点于东经 103 度赤道上空,星上仪器设备工作正常,通信、广播和电视传输质量良好。中共中央、国务院、中央军委贺电指出:这标志着我国已全面掌握运载火箭研制、发射和测控技术,航天技术和电子技术取得的进展,卫星通信由试验阶段进入实用阶段。

1987 年

8 月 10 日,我国发射的一颗返回式卫星顺利回收,第一次搭载法国马特拉公司的微重力试验装置获得成功。

1988 年

3 月 7 日,我国第一颗东方红二号甲实用通信卫星发射成功。

4 月 9 日,七届全国人大一次会议决定撤销航天工业部,组建航空航天工业部。

4 月 12 日,任命林宗棠为航空航天工业部部长。7 月 5 日航空航天工业部召开成立大会。

9 月 7 日,我国用新研制的长征四号运载火箭发射第一颗风云一号气象卫星获得成功。

9 月 27 日,我国于 9 月 15 日至 27 日两次进行潜艇下水发射运载火箭的海上试验,获得圆满成功。

1990 年

4 月 7 日，我国用长征三号运载火箭将美国制造的亚洲一号通信卫星送入预定轨道。这是我国首次成功发射外星，打开了中国航天走向世界的大门。

7 月 16 日，我国研制的长征二号大推力捆绑式运载火箭首次发射成功。这次发射搭载了一颗巴基斯坦科学卫星，并为履行澳星的发射合同创造了条件。

9 月 3 日，我国第二颗风云一号气象卫星发射成功，推动了气象事业现代化的发展。

1991 年

1 月 15 日，航空航天工业部召开第三次工作会议，总结七五期间的工作，部署八五计划。江泽民总书记题词："自力更生，艰苦奋斗，努力发展航空航天工业。"李鹏总理题词："大力协同，无私奉献，振兴中国航空航天工业。"

2 月 23 日，邓小平等在上海视察新中华机器厂。

8 月 1 日，航空航天工业部召开"八五"航天专业发展重大问题研讨会。8 月 7 日航天系统召开大型飞行试验工作会。

10 月 8 日至 16 日，在北京举办中国航天 35 周年成果应用展览会。党和国家领导人江泽民、李鹏、乔石、宋平、刘华清以及张爱萍、宋健等观看了展览，肯定我国航天科技工业取得了很大成绩，航天技术对加强国防、保卫祖国和发展国民经济有重要作用，表示航天是一个非常有希望的国家重点支持的行业，希望航天科技工业今后有更大的发展。

11 月 28 日至 12 月 12 日，中国航天科技展览会在香港举行。展览获得成功，参观者达 56 万人次，在香港引起强烈反响。

12 月 20 日，江泽民总书记在贵州视察了 061 基地 3531 厂，指出："国家安全时要居安思危，三线军民为国防建设做出了很多成绩，你们是有功的，今后要进一步把它搞好。"

1992 年

8 月 11 日，江泽民总书记在酒泉卫星发射中心接见参加长二丁火箭成功发射新型返回式科学探测和技术试验卫星的试验队全体人员。他希望很好地把航天科技工业推向一个新的高峰，再接再厉，取得新成绩。

8 月 14 日，我国长二捆运载火箭发射，将美国制造的澳赛特 B1 通信卫星准确送入轨道，中央电视台现场直播发射情况。中共中央、国务院、中央军委发电，祝贺这次发射取得圆满成功。

10 月 6 日，我国用长征 2 号丙运载火箭进行一箭双星发射，准确地将我国第 14 颗返回式遥感卫星和瑞典弗利亚科学卫星送入预定轨道。国务院、中央军委电贺这次发射取得的成功。

12 月 27 日，江泽民、李鹏等中央领导人在人民大会堂会见在我国航天事业发展中做出突出贡献的有功人员及有关协作单位的代表，赞扬我国航天战线和整个国防科技战线是一支经得起考验、思想素质好、技术水平高、能打硬仗的队伍。

1993 年

2 月 9 日，航天系统召开在京事业单位军民品分线经验交流会；航天系统军民品分线进入全面推进阶段。

2 月 20 日，中国空间技术研究院成立 25 周年。党和国家领导人江泽民、杨尚昆、李鹏题词祝贺。江泽民题词是："发展空间技术，开发空间资源。"杨尚昆题词是："发展卫星，为祖国服务。"李鹏题词是："庆祝空间技术研究院成立二十五周年，加强发展空间技术。"

6 月 6 日，中国航天工业总公司（国家航天局）成立。刘纪原任总经理（局长）。中国航天工业总公司是军民结合、技工贸结合的高科技型的全民所有制科技工业公司，成为自主经营、自负盈亏、自我约束、自我发展的经济实体。

10 月 8 日，我国成功地发射一颗科学试验卫星。同日，总公司

召开航天创业者荣誉颁奖大会，两万多名在航天系统工作35年的干部、工人和技术人员获“航天创业者”荣誉称号。刘华清副主席莅临颁奖大会祝贺并讲话，勉励大家再接再厉，再创新业，再立新功，争取航天事业的新胜利。

12月29日，由中国航天工业总公司307厂制做的香港天坛大佛在香港宝莲寺举行盛大开光典礼。香港天坛大佛是利用航天技术完成的一项巨型露天青铜佛像工程。它是香港回归的一个重要标志。

1994年

1月8日，江泽民总书记视察北京仿真中心，在听取汇报后指出：要大力提倡各方面的协同配合，这样才能相互取长补短，发挥优势，尽量以较小的代价换取较大的效益。他勉励大家继续努力，为发展我国的高技术做出新贡献。

1月23日，航天工业总公司召开首次民品工作会议，提出认清形势，解放思想，努力开拓航天民品发展新局面。

2月8日，我国新研制的大推力运载火箭长征三号甲首次试验发射成功，分别把实践四号卫星和一颗模拟卫星送入地球同步转移轨道。国务院、中央军委在贺电中指出：长征三号甲运载火箭发射试验成功，对于实现我国新一代应用卫星发展战略目标，扩大航天领域的对外交流与合作，必将产生重大而深远的影响。

3月12日，中国航天工业总公司设在香港的航天科技国际集团有限公司召开振兴工作会议，总结1993年总公司成功收购康力集团公司，重新组建航科集团的发展经验，提出坚持立足香港，面向世界，振兴航科，发展航天，争创一流，为国争光的目标。

7月21日，我国长征三号运载火箭将亚太通信卫星有限公司的亚太1号通信卫星送入预定轨道，发射圆满成功。这次发射表明我国圆满完成首批14份商业发射服务合同，使我国商业卫星发射进入了新的阶段。

8月22日，我国4位航天专家任新民、梁守槃、屠守锷、黄纬禄获香港求是基金会颁发的“杰出科学家奖”。李鹏总理题写“民族之光”贺词。

9月12日，中国航天汽车工业总公司成立，这标志着航天支持民品汽车工业向企业集团化、生产规模化、产品系列化、经营集约化迈出了重要一步。

10月9日，中国国家航天局局长刘纪原在第45届国际宇航联合会大会上提出开展国际空间合作四项原则：一是和平利用空间资源，发展卫星及应用技术，为发展经济、促进人类社会进步服务；二是平等互惠，取长补短，在共同发展的基础上，开展国际空间技术产品的贸易活动；三是坚持自由、平等、合理竞争的原则，开展卫星发射服务和卫星及空间技术产品的贸易活动；四是发达国家应当帮助发展中国家发展空间技术和利用空间技术发展经济。

10月28日，北京空间技术研究试验中心破土动工，刘华清副主席出席奠基典礼。这个中心是为满足我国应用卫星等空间飞行器研制试验向高水平发展需要建造的又一座现代化航天城。

11月30日，我国长征三号甲运载火箭发射第一颗东方红三号通信卫星成功。因东方红三号卫星上姿控推力器泄漏，燃料耗尽，致使卫星无法定点投入使用，星上其他系统经测试和试验工作正常。

1995年

1月26日，我国用长征二号捆绑式火箭发射美国制造的亚太2号通信卫星，由于火箭发生故障，星箭全部损失，发射失败。

4月10日，航天工业总公司召开院、局、基地领导干部会议，动员和全面贯彻落实航天工业总公司改革发展纲要。

4月21日，李鹏总理到上海新中华机器厂视察，在总装厂房参观了长征四号运载火箭、各种卫星及战术导弹产品。

11月28日，我国长征二号捆绑式火箭发射亚洲2号通信卫

星成功。这次发射的火箭上面级,首次使用我国研制的固体近地点变轨发动机获得成功。

12 月 28 日,我国用长二捆火箭发射美国艾科斯达 1 号通信卫星成功。

1996 年

2 月 18 日,李鹏总理到中国运载火箭技术研究院火箭总装厂,代表中共中央、国务院和江泽民主席看望春节值班工作的职工,慰问航天战线 27 万干部、科技人员和工人。他在总装车间发表讲话指出,中国的航天事业为国家的国防安全、高科技发展都作出了很大贡献。航天事业是风险很大的事业,党中央、国务院对同志们充满风险的工作是充分理解的。航天工业是高科技工业,航天高科技是保卫祖国的"杀手锏",是国家的威慑力量,因此,航天战线上的职工肩负着非常重要的任务。

7 月 3 日,我国长征三号运载火箭将亚太 1 号 A 通信卫星准确送入预定轨道。这是在首次发射长征三号乙火箭失利后的第一次发射,对于扭转中国航天的被动局面、进一步开拓国际发射服务市场有着重要作用。

8 月 2 日,中国航天工业总公司召开院、局、基地领导干部会议,讨论学习《航天总公司实行两个根本性转变的若干意见》、《航天总公司强化科研生产管理的若干意见》、《航天总公司关于加快航天支柱民品和重点企业集团发展的若干意见》三个文件。这三个文件是总公司《改革与发展纲要》和《九五计划和 2010 年远景目标》实现的具体措施和补充。

10 月 7 日,第 47 届国际宇航联合会在北京召开,世界上 50 个国家和地区的 1200 多名宇航专家、学者、政府官员及其代表参加了大会。江泽民主席在开幕式上讲话,对大会召开表示祝贺,强调指出:中国政府和人民愿意为和平利用空间资源和扩大空间应用范围,为人类的文明进步作出更大的贡献。

10月8日，中国航天工业总公司召开庆祝中国航天创建40周年大会，表彰26个先进单位和集体、100名劳动模范、百优十杰青年。

11月5日，中国首次在珠海举办国际航空航天博览会，25个国家和地区参展，江泽民主席题词："祝中国国际航空航天博览会圆满成功!"李鹏总理题词："发展航空航天事业，为人类和平而奋斗。"

11月4日，我国第17颗返回式科学技术试验卫星搭载国旗和香港特别行政区区旗在太空翱翔15天后凯旋，这是向"九七"香港回归献上的一份有着特殊意义的礼物。1997年5月23日航天工业总公司向香港特区政府赠送卫星搭载的国旗、区旗。

1997年

5月12日，我国新一代广播通信卫星东方红三号由长征三号甲火箭发射升空，获圆满成功。5月20日国务院、中央军委发出贺电，指出：研制、发射东方红三号通信卫星，表明我国通信卫星技术又上了一个新的台阶，对于进一步振奋全国人民的精神，促进我国卫星通信事业的发展，推动我国改革开放和经济建设，提高我国在国际航天领域的威望，巩固我国在国际航天发射市场的地位，都具有重要意义。

6月10日，我国自行研制的静止轨道气象卫星风云二号由长征三号运载火箭发射成功。我国空间技术跨上一个新台阶，使我国气象现代化事业进入一个新阶段。

8月20日，我国长征三号乙运载火箭成功地将亚洲目前最大功率的美制菲律宾马部海通信卫星送上太空。这是长征三号乙火箭首飞失败后的成功发射，并重返国际商业发射市场。

9月1日，我国长征二号丙改进型运载火箭首次发射成功，将两颗美国摩托罗拉公司的铱星模拟星送入预定轨道。

10月17日，我国长征三号乙大推力运载火箭把亚太2号R

卫星准确送入预定轨道，长三乙大型火箭第二次发射外星获得成功。

11 月 16 日，中国运载火箭技术研究院庆祝建院 40 周年，李鹏总理题词："长征火箭，走向世界，腾飞太空。"刘华清副主席题词："艰苦奋斗，开拓前进，发展航天，走向世界。"截至 1997 年 10 月，这个研究院已研制长征系列火箭 7 种型号，先后将 39 颗各类卫星成功地送入太空，其中包括 12 颗外国卫星，走出了一条有中国特色的发展运载火箭技术的道路。

12 月 8 日，我国长二丙改进型火箭把美国铱星双星送上太空。1997 年我国航天发射六战六捷，成为"中国航天丰收年"。

1998 年

1 月 1 日，航天总公司党组发出 1998 年一号文件《关于以质量求生存、以管理促发展、着力抓落实，圆满完成 1998 年各项任务的通知》。文件指出：各级领导必须统一思想，统一认识，从零开始，使"失败不起，没有退路，只能成功"的警钟长鸣，要狠抓质量、狠抓管理、狠抓落实、统筹兼顾，确保全年各项任务的圆满完成。

1 月 12 日，中国航天工业总公司召开第三次工作会议。会议提出新时期的动员口号："振兴航天，人生能有几回搏！"并提出本世纪奋斗目标："质量求生存，确保杀手锏；星箭全成功，强民兴生产，改革建新制，管理促发展；效益要提高，生活有改善。"16 日国务院总理李鹏致信祝贺，指出：发展航天事业是国家的一项重要任务，希望航天广大干部职工全面贯彻落实党的十五大精神，继续保持和发扬优良传统，发挥航天科技优势，在保证完成军品任务的同时，大力开发民品，为我国航天事业再创辉煌。

1 月 14 日，我国空间技术研究试验中心一期工程完成。国务院副总理吴邦国、国务委员宋健前往视察，强调指出：中国有 12 亿多人口，有 960 万平方公里的土地，而且是联合国的常任理事国。这么一个大国，应该具备相应的国防力量。研制者们要确保质量，

早日研制出更新更有威力的航天产品。

2月10日，东方红三号通信卫星在转发器试运行的基础上，又开通了15个转发器作为公用网通信业务，正式投入使用。

2月20日，中国空间技术研究院成立30周年。国务院总理李鹏题词勉励："发展航天科学技术，加强国民经济建设。"

3月，九届全国人大一次会议通过的国务院机构改革方案，原中国航天工业总公司承担的政府职能划归新组建的国防科学技术工业委员会管理，保留国家航天局。栾恩杰任国防科工委副主任兼国家航天局局长。

3月18日，第三届国际空间技术及应用展览暨研讨会在北京举行，主题为"21世纪国际空间技术发展及应用"。

3月26日，我国用长征二号丙改进型火箭发射美国摩托罗拉公司的两颗铱星成功。这是长征系列运载火箭的第50次发射，成为一个新的里程碑。全国人大常委会委员长李鹏题词祝贺：振兴航天，人生能有几回搏。

4月24日，举办纪念长征火箭发射50次座谈会，政协副主席宋健在座谈会上说：航天事业已经成为发展我国高科技产业的尖兵。

5月7日，上海航天汽车机电股份有限公司A股股票在上海证券交易所上网发行。这是中国航天继工大高新、中兴通讯之后第三家A股上市。

5月30日，我国长征三号乙火箭将中卫一号通信卫星送上预定轨道。这是长三乙火箭连续三次发射外国卫星成功。

6月3日，由中国运载火箭技术研究院参加研制的阿尔法磁谱仪由美国发现号航天飞机携带飞上太空，进行探测宇宙中反物质和暗物质的科学实验，6月10日，顺利返回地面。阿尔法磁谱仪太空飞行取得巨大成功。

7月22日，我国用长征三号乙火箭首次发射欧洲通信卫星鑫

诺一号获得成功。

8 月 20 日,我国用长征二号丙改进型火箭第五次发射两颗铱星获得成功。

附录二

中国航天科技工业机构沿革

一、国防部第五局和国防部第五研究院(1956～1957.2)

国防部第五局(即导弹管理局):局长钟夫翔,第一副局长钱学森,副局长林爽。下设专家工作室、计划处、技术处、技术合作处、基本建设处、器材处等。

国防部第五研究院(即导弹研究院):1956年10月8日正式成立。院长钱学森,副院长白学光。下设十个研究室:总体设计室、空气动力研究室、结构强度研究室、发动机研究室、推进剂研究室、控制系统研究室、控制元件研究室、无线电研究室、计算技术研究室、技术物理研究室。

二、国防部第五研究院(1957.3～1960.3)

国防部第五局并入第五研究院,并成立两个分院,分别负责总体和动力系统、控制系统的研制工作,建立培训导弹人材的炮兵教导大队。院长钱学森,政治委员刘有光,副院长王诤、刘秉彦,副政治委员谷景生。

下属一分院、二分院、211厂(导弹总装厂)、试制工厂、炮兵教导大队。

三、国防部第五研究院(1960.3～1964.11)

这一时期以型号为主,先后成立四个分院,分别负责研制地地、防空、海防导弹和固体发动机,并领导发射基地建设,接收上海机电设计院。院长刘亚楼(到1962年6月)、王秉璋,政治委员刘有

光，副院长王秉璋、王诤、刘秉彦、谷广善、孙继先、周维，副政治委员曹光琳、王文轩、钱学森、栗在山。

下属一分院（地地导弹研制）、二分院（地空导弹研制）、三分院（海防导弹研制）、四分院（固体发动机研制）、20基地（导弹发射基地）、上海机电设计院（先是负责探空火箭、后是负责防空导弹研制）等。

四、第七机械工业部（1964.11～1975.1）

以国防部第五研究院为基础，接收部分生产单位，成立导弹工业部，并开始三线基地建设，建立起完整配套的导弹工业体系。部长王秉璋，副部长刘有光、刘秉彦、钱学森、谷广善、张凡、曹光琳。自1967年3月至1975年6月实行军管，共有三届军管。下属第一研究院（地地导弹与运载火箭研制）、第二研究院（反导导弹研制）、第三研究院（海防导弹研制）、第四研究院（固体火箭发动机研制）、上海机电二局（运载火箭和地空导弹研制），三线含061、062、063、064、066、067、068基地以及307厂、349厂、519厂、289厂、111厂、139厂、119厂、254厂、719厂、824厂、825厂等直属企业。

五、第七机械工业部（1975.6～1977.10）

这一时期负责空间技术研究的第五研究院划归七机部领导，第三研究院和064基地、066基地划出由海军领导，上海机电二局和061基地划出由空军领导。部长汪洋，副部长李光军、强晓初、王星、陆平、程连昌、张怀忠、张钧、任新民。

下属第一、二、四、五研究院以及062、063、067、068基地，并成立陕西、四川、江苏、湖南七机（管理）局，还领导307厂等直属企业。第一、二、五研究院由七机部与北京市双重领导。

六、第七机械工业部（1977.10～1982.4）

这一时期，在京的第一、二、五院和上海机电二局及各三线基地统一由七机部领导，形成完整配套的导弹和航天工业部门。七机部与八机部合并。部长宋任穷（至1978年12月）、郑天翔，副部长

泉樂追大詔乃開明堂宗祀孔揚發配一天復周烏事乃作原廟盡物致年館御刑坐立刻直說乃辨百歲備名考實董正二崙繹熙户僧課史劃章誠私縱室化墨為慮以學制倉眾言清亂聖學是判讀隨靏成義高虎觀卓矣英藻煥乎實翰如河出聞如天有漢鑾秀額許古稱稱易神武烈烈英予奸者獻上連營伍符寫野手畫奇正風雲變化黃帝振兵宣王洞馬北湣天山西澄玉關南收九溪東發三聲重譯底貢舊鞮復還汚彼洛水來自能耳清貫三都潛通萬里匯禹之迹錄我而始蠲害興利修墜起廢規摹宏遠品式具備下逮百工泌善其事和予充戈亦足偉世太平之效斯民韡暐天周降康地無受實靈芝烽烽嘉禾方阜洋及肖翹況爾他旣驗功推而不有歲名卻而不受不適聲色不新館園十有九載無荒無急決事日昃覽章夜文豈積斷以過屬將踣俗而叡代嗟冊祀兮何之埸遠蹠兮安在觴萬圖兮蒸毒慘百雲兮震駭已虛望悵冖疑嚴徒望鼎湖之晚墟嗚呼哀哉律變呈移春遷秋去仍几想以稱新同軌驚其畢起銷纂帳於寒飈麻衣逝於皆霧遺遠日以推心指初陵石啟路嗚呼哀哉壽漏上兮燎火微降前殿兮背統闕捧雲蓋兮動主翠駕金根兮載龍旅紛千乘兮萬騎羅羽林與飲振虜清蹕以如昔送終天而不歸嗚呼哀哉歷鄭周兮揚鏘合虎宇兮拱篤轄旌旆

兮安蛇流簫笳兮悽咽臨西邑之山川邈浚都之城闕嗚呼哀哉儉遺宋命吉卜新宮金雁不藏於泉下玉衣初幸於方中痛既挽兮大陡憶空四兮六龍神其超兮劍景臺自對兮書萬嗚呼哀哉御寶歷兮有期殆真入兮獨知觴集英而示之以主鬯之嗣眺矣春石態然有淩雲之思託然謀於丈母保興運於皇基符盛德與大業非至神兮孰於斯嗚呼哀哉

與帝奉辭畢還宮群臣奉辭于板橋易常服退　八日詔沿邊禁樂除民庶軍營已有旨外餘並俟三年初太常寺以治平四年禁樂故事沿邊臣僚止百日詔俟祔廟畢弗禁至是雖州言故事送迎虜使及接伴北界取報館人皆不作樂故從有是詔　十八日于闐國貢奉使為大行皇帝飯僧追福降敕書獎諭　二十四日葬于永裕陵群臣奉慰如儀　二十九日神宗虞主至自永裕陵群臣夏國高麗使迎于板橋皇太后於瓊林苑上於集英殿門奉迎前導升殿奠于幄殿安神禮畢太皇

太后行酌獻皇帝行奠獻之禮進名奉慰　十一月一日虞祭於集英殿自復土六虞在塗太常卿攝事三虞行禮於殿　四日辛巳祭權罷冬至正旦御殿以下賀表　五日神宗皇帝祔廟前二日奏告天地宗廟社稷　七日群臣班集英殿行告遷禮祔神宗皇帝神主于太廟第八室　十日德音應西京河陽減死刑釋杖罪緣山陵科率蠲復賦役應奉行事官量與恩澤元祐元年二月十八日詔將來三月五日神宗皇帝小祥京城音樂合自閏二月五日至三月二十日禁止　同日禮部言合自三月二日宰臣等詣福寧殿奠酹從之　二十九日禮部言神宗皇帝小祥欲比附故事是日外命婦並詣神御前奠酹及奉慰太皇太后皇太后訖退及三省樞密院文武百官等先赴西上閤門奉慰次赴內東門奉慰太皇太后皇太后訖退赴大相國寺行香內軍員副指揮使以上赴仍依例賜乳香二斤其日於本寺佛殿上權設神宗皇帝神御位從之　三月一日小祥前不視事　二日三省樞密院及監察御史以上入奠于福寧殿三日而止　五日小祥群臣進名奉慰如儀　十二月八日禮部言將來大祥依故事權住作樂在京自正月一日開封府界諸縣自二月一日並至三月十五日諸州府縣并沿邊民庶諸軍營前後各七日從之　同日禮部言神宗皇帝將來大祥乞依英宗皇

附录三

中国长征系列运载火箭发射情况一览表

编号	火箭型号	发射日期	卫星型号	轨道	发射场	结果
1	长征一号	1970.04.24	东方红1号	低地球轨道	酒泉	成功
2	长征一号	1971.03.03	实践1号	低地球轨道	酒泉	成功
3	长征二号	1974.11.05	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	失败
4	长征二号	1975.11.26	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
5	长征二号	1976.12.07	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
6	长征二号	1978.01.26	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
7	长征二号丙	1982.09.09	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
8	长征二号丙	1983.08.19	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
9	长征三号	1984.01.29	试验卫星	同步转移轨道	西昌	部分成功
10	长征三号	1984.04.08	东方红2号	同步转移轨道	西昌	成功
11	长征二号丙	1984.09.12	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
12	长征二号丙	1985.10.21	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
13	长征三号	1986.02.01	东方红2号	同步转移轨道	西昌	成功
14	长征二号丙	1986.10.06	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
15	长征二号丙	1987.08.05	返回式卫星	低球球轨道	酒泉	成功
16	长征二号丙	1987.09.09	返回式卫星	低球球轨道	酒泉	成功
17	长征三号	1988.03.07	东方红2A	同步转移轨道	西昌	成功
18	长征二号丙	1988.08.05	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
19	长征四号	1988.09.07	风云1号	太阳同步轨道	太原	成功
20	长征三号	1988.12.22	东方红2A	同步转移轨道	西昌	成功
21	长征三号	1990.02.04	东方红2A	同步转移轨道	西昌	成功
22	长征三号	1990.04.07	亚星一号	同步转移轨道	西昌	成功

编号	火箭型号	发射日期	卫星型号	轨道	发射场	结果
23	长征二号E	1990.07.16	巴基斯坦星/模拟星	低地球轨道	西昌	成功
24	长征四号	1990.09.03	风云1号	太阳同步轨道	太原	成功
25	长征二号丙	1990.10.05	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
26	长征三号	1991.12.28	东方红2A	同步转移轨道	西昌	失败
27	长征二号丁	1992.08.09	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
28	长征二号E	1992.08.14	澳星B1	低地球轨道	西昌	成功
29	长征二号丙	1992.10.06	弗利亚卫星/返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
30	长征二号E	1992.12.21	澳星B2	低地球轨道	西昌	失败
31	长征二号丙	1993.10.08	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
32	长征三号甲	1994.02.08	实践4号/模拟星	同步转移轨道	西昌	成功
33	长征二号丁	1994.07.03	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
34	长征三号	1994.07.21	亚太一号	同步转移轨道	西昌	成功
35	长征二号E	1994.08.28	澳星B3	低地球轨道	西昌	成功
36	长征三号甲	1994.11.30	东方红3号	同步转移轨道	西昌	成功
37	长征二号E	1995.01.26	亚太二号	低地球轨道	西昌	失败
38	长征二号E	1995.11.28	亚星二号	低地球轨道	西昌	成功
39	长征二号E	1995.12.28	艾科斯达一号	低地球轨道	西昌	成功
40	长征三号乙	1996.02.15	国际708	同步转移轨道	西昌	失败
41	长征三号	1996.07.03	亚太一号A	同步转移轨道	西昌	成功
42	长征三号	1996.08.18	中星七号	同步转移轨道	西昌	失败
43	长征二号丁	1996.10.20	返回式卫星	低地球轨道	酒泉	成功
44	长征三号甲	1997.05.12	东方红3号	同步转移轨道	西昌	成功
45	长征三号	1997.06.10	风云2号	同步转移轨道	西昌	成功
46	长征三号乙	1997.08.20	马部海卫星	同步转移轨道	西昌	成功
47	长征二号丙改进型	1997.09.01	铱星模拟星	低地球轨道	太原	成功
48	长征三号乙	1997.10.17	亚太二号R	同步转移轨道	西昌	成功

编号	火箭型号	发射日期	卫星型号	轨道	发射场	结果
49	长征二号丙改进型	1997.12.08	铱星(两颗)	低地球轨道	太原	成功
50	长征二号丙改进型	1998.03.26	铱星(两颗)	低地球轨道	太原	成功
51	长征二号丙改进型	1998.05.02	铱星(两颗)	低地球轨道	太原	成功
52	长征三号乙	1998.05.30	中卫一号	同步转移轨道	西昌	成功
53	长征三号乙	1998.07.18	鑫诺一号	同步转移轨道	西昌	成功
54	长征二号丙改进型	1998.08.20	铱星(两颗)	低地球轨道	太原	成功

［Ｇｅｎｅｒａｌ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝中国航天腾飞之路
作者＝《中国航天腾飞之路》编委会编
页数＝７０５
ＳＳ号＝１０４６２８７６
出版日期＝１９９９年０９月第１版